

Numéro 10 • mai 2017

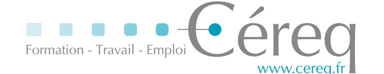
TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

LES MÉTIERS DE LA MESURE

De la métrologie à l'instrumentation

Félicie DROUILLEAU, *département Travail, emploi et professionnalisation (DTEP), Céreq.*

avec la collaboration de Anne Delanoë, Michèle Menabreaz et Mickaële Molinari.



Ce rapport est issu d'une étude réalisée avec l'appui financier du ministère en charge de l'écologie, dans le cadre d'une convention pluriannuelle de partenariat Céreq-CGDD pour la mise en œuvre du Plan national d'adaptation des métiers et des emplois de la transition vers l'économie verte.

Synthèse

Cette étude, élaborée pour le compte du Commissariat général au développement durable (CGDD), présente et défend les spécificités des métiers de la mesure. Ils regroupent ici la « métrologie », l'« instrumentation »[1] et l'« analyse/métiers de laboratoire».

Ces métiers ne s'articulent pas autour d'une branche spécifique ou d'un ou plusieurs syndicats professionnels. Ils trouvent leur cohérence dans une culture de métier qui s'incarne dans un réseau (salons, associations, etc.), des filières de formation (instrumentation, métrologie, analyse), et des valeurs (telles que la rigueur métrologique et scientifique, l'importance de l'incertitude, ainsi qu'un lien très fort à l'expérimentation physique).

Les métiers de la mesure sont analysés à partir de leur spécificité emploi-formation : missions des professionnels ; place en entreprise ; rôle professionnel ; internalisation ou externalisation de l'activité ; évolutions récentes (qu'elles soient technologiques ou organisationnelles) ; appareil de formation existant. Une partie est par ailleurs spécifiquement consacrée à l'analyse de l'impact de la transition écologique sur ces métiers.

Très peu de données sont disponibles sur les métiers de la mesure. Une approximation du nombre d'emplois concernés par l'industrie de l'instrumentation (conception et fabrication) est fournie par les portraits statistiques de branche (PSB) du Céreq, sur la base du code NAF rev.2 « 2651B » (*Fabrication d'instrumentation scientifique et technique*). Ce sous-secteur représente, en 2009, 23 300 salariés, pour un total de 180 400 salariés dans l'ensemble de la branche « Produits informatiques, électroniques et optiques ». Le nombre d'emplois a stagné entre 1994 et 2010, il aurait augmenté entre 2009 et 2014.

Le métier de métrologue

La métrologie est une activité très pointue et peu connue. Les métrologues peuvent travailler en interne dans une entreprise ou chez un prestataire de service spécialisé sur la gestion externalisée des instruments de mesure. Si l'activité métrologique est bien définie et délimitée, elle peut cependant, notamment dans les petites et moyennes entreprises, être associée pour un même professionnel à d'autres activités : qualité, maintenance, voire parfois QSE.

Les métrologues sont, de l'avis des professionnels rencontrés, numériquement peu nombreux en entreprise. Ils peuvent travailler dans de nombreux domaines industriels : depuis l'usinage jusqu'à la mécanique ou encore la maintenance. Ils sont bien représentés chez les constructeurs. Les entreprises spécialisées en essais et mesure n'embauchent pas nécessairement beaucoup de métrologues en interne. Les centres de recherche sont des lieux importants pour l'emploi de métrologues, même si numériquement là encore cette source d'emploi reste modeste. Enfin, la métrologie légale représente un autre secteur d'emplois pour les métrologues.

Dans les industries manufacturières, chimiques et agro-alimentaires, l'intégration des métrologues dans la démarche qualité semble émerger et leur rôle transverse mis en valeur, notamment pour les techniciens expérimentés ou les ingénieurs. On leur demande d'être *« force de proposition »*, d'*« avoir un excellent relationnel ».* Cette évolution correspond aux évolutions récentes de la place de la métrologie dans les entreprises. Sensibilisés aux questions énergétiques, environnementales et écologiques et à l'amélioration continue des produits, les métrologues pourraient utiliser leur

[1] *L'**instrumentation** peut désigner un ensemble industriel, notamment celui de la « fabrication d'instrumentation scientifique et technique ». Le terme « instrumentation » regroupe également l'« ensemble des instruments et appareils permettant d'assurer [la commande et le contrôle] » d'une machine ou d'un process. La vérification de la justesse de la mesure (à travers la qualification de l'instrument de mesure) relève quant à elle de la **métrologie**.*

nouveau rôle de conseil et d'interlocuteur des services qualité pour être les relais de la mise en œuvre d'une *« usine responsable »*.

Le métier d'instrumentiste

L'instrumentiste est *« capable de concevoir, installer, programmer, régler, mettre en service, optimiser et maintenir » des boucles de régulation*. Il peut travailler dans des *« entreprises de toutes tailles concevant, réalisant ou exploitant des procédés de transformations physico-chimiques ».*

L'appellation « instrumentiste » est une dénomination générique qui désigne plusieurs niveaux hiérarchiques voire plusieurs fonctions : « *en bureau d'études, le terme instrumentiste est précédé des qualificatifs qui suivent : dessinateur, projeteur, chef de groupe, chef de projet, etc. ; sur chantier, (en phase de construction ou rénovation d'une boucle de régulation) le nom est associé à technicien, chef d'équipe, chef de chantier, superviseur, superintendant, etc. ; sur un site de production, il peut être précédé des mots : technicien, chef d'équipe ou de service* ».

Enfin, l'instrumentiste peut travailler dans les entreprises utilisatrices de systèmes d'instrumentation-régulation (industriel), les entreprises réalisatrices de systèmes d'instrumentation-régulation (constructeur), les sociétés de services en instrumentation et les sociétés d'ingénierie, et les entreprises de réalisation et de maintenance.

L'instrumentiste exerce, contrairement au métrologue, un métier alimenté essentiellement par une formation : le BTS Contrôle industriel et régulation automatique (CIRA). La relation formation-emploi dans cette activité professionnelle est donc relativement nette. Elle entraîne une forme d'esprit corporatiste, qui permet de conserver une certaine qualité de prestation et une réactivité du monde professionnel pour faire évoluer les formations. Ces professionnels, notamment la société CIRA, se sont fortement mobilisés pour conserver la forme du BTS lors de la dernière rénovation en 2015 et ses orientations en y intégrant en filigrane les enjeux de performance énergétique. A ce propos, des doutes se font cependant jour sur la faisabilité de l'application de certains modules (en particulier QHSSE) dans les stages des étudiants. En effet, si les instrumentistes sont depuis toujours impliqués dans la performance écologique et énergétique des *process*, cette dimension leur est méconnue. Il importera donc de sensibiliser en formation initiale à cette mise à jour de leur potentiel rôle dans la performance énergétique et écologique, tout en développant des formations continues du même type permettant de sensibiliser également les générations plus âgées, ancrées dans une vision différente de leur activité.

Les métiers de l'analyse

Les métiers de l'analyse recouvrent dans cette étude essentiellement les métiers de laboratoire chimique et biochimique (environnement, santé, agroalimentaire). L'exemple analysé est celui de la mesure environnementale**.**

Les métiers de laboratoires environnementaux ont été exposés à une forte déstructuration du secteur, liée à la libéralisation du marché des laboratoires. Les entreprises sont essentiellement des prestataires de service. On observe en outre une spécialisation des tâches des professionnels : chacun est de plus en plus dédié à une phase précise de la chaîne de l'analyse, ce qui empêche une vue d'ensemble du processus de mesure. Par ailleurs, des innovations technologiques récentes vont, dans un futur proche, impacter les métiers.

Un besoin de formation sur le segment de l'échantillonnage a été signalé, en particulier pour les échantillons liés à l'eau. En effet, alors qu'il était considéré comme une tâche élémentaire ne nécessitant pas de compétence particulière, on se rend compte aujourd'hui de la centralité d'un prélèvement de qualité pour une bonne analyse. Des formations sont donc nécessaires pour améliorer les compétences des préleveurs (autre manière de désigner les échantillonneurs). Des

formations continues ont d'ailleurs été mises en place récemment sur ce segment de la chaîne de l'analyse (l'échantillonnage).

Les équipementiers

Les professionnels travaillant chez les équipementiers (des technologies de mesure) au niveau de la vente, des métiers de la qualité, de la supervision de la fabrication et du marketing ont généralement une formation technique de type bac +2 (souvent le BTS CIRA), de la même manière que les professionnels de la mesure. Les métiers des équipementiers sont en interaction constante avec les instrumentistes et les métrologues. Ils doivent prendre en compte leurs besoins en matière d'instrumentation, tant dans la conception des instruments que dans leur amélioration. Ils participent ainsi de la même logique professionnelle. Or, ces équipementiers se sensibilisent aux enjeux d'écoconception, de performance énergétique de leurs produits, d'intégration dès la conception des enjeux de recyclage, etc. Ils fournissent aux professionnels de la mesure (métrologues en particulier) des indications (fiches techniques) sur la manière d'utiliser au mieux les technologies de mesure pour prendre en compte leur impact environnemental et écologique. L'étude a montré que c'est un des biais de sensibilisation possible des métrologues à la notion de performance écologique de leur activité.

L'étude conclut sur un certain nombre de recommandations concernant : l'engagement d'actions de formation des formateurs, l'évolution de la formation continue des professionnels de la mesure, la participation des associations des professionnels de la mesure, la mise en place d'actions de communication, ainsi que la sensibilisation/formation des techniciens de laboratoire et des préleveurs aux évolutions méthodologiques et technologiques de l'échantillonnage.

Sommaire

Introduction

« Dès qu'un phénomène d'apparence bien définie est justiciable d'une quantification, de manière répétable et suffisamment précise, il est considéré comme une grandeur. On peut caractériser son état ou son intensité par un nombre ou valeur et faire participer le phénomène à cette mathématisation du réel […]*. Tel est le premier rôle, fondamental, de la mesure* […]*. »* (Encyclopedia Universalis, 2002 : 891).

La mesure est ainsi, au premier chef, un « *outil mathé*matique » et une « *pierre de touche expérimentale* » (Encyclopedia Universalis, 2002 : 893). Elle est, par ailleurs, indissociable de l'existence d'appareils de mesure dont les résultats nécessitent parfois un traitement intermédiaire élaboré ou une analyse.

De prime abord, la mesure ne regroupe donc pas un ensemble de métiers, mais bien plutôt une série d'activités mises en œuvre par différents professionnels dans le cadre de l'exercice de leur travail. Ces activités peuvent être définies en fonction d'une chaîne de la mesure qui va du recueil des données, à leur traitement par un instrument ou une méthode de mesure, pour enfin être analysées. Par ailleurs, il faut s'assurer de la justesse de l'instrument de mesure, ce qui relève d'une activité particulière : la métrologie. Ces instruments doivent également avoir été au préalable fabriqués par des équipementiers, moment pleinement constitutif de cette « chaîne de la mesure ».

Toutefois, si cette série d'activités (impliquant la mesure ou – son volet pratique – les instruments de mesure) est présente dans les compétences et savoir-faire de différents référentiels d'activités professionnelles (RAP), on constate qu'elle se concentre sur certains profils et métiers particuliers. Nous avons cité les métiers destinés à s'assurer de la qualification (ou justesse) d'un instrument de mesure : la métrologie ; l'on pourra citer également l'instrumentation ainsi que tous les métiers de laboratoire qui ont été nommés ici « métiers de l'analyse » en raison de l'importance de la chaîne analytique dans la définition de leurs tâches professionnelles.

« Métrologie », « instrumentation », « analyse/métiers de laboratoire» : c'est le périmètre qui a été choisi dans ce travail défendant l'idée d'une spécificité des « métiers de la mesure ». Ces métiers, qui ne s'articulent pas autour d'une branche spécifique ou d'un ou plusieurs syndicats professionnels, trouvent leur cohérence dans une culture de métier qui s'incarne dans un réseau (salons, associations, etc.), des filières de formation (instrumentation, métrologie, analyse), et des valeurs (telles que la rigueur métrologique et scientifique, l'importance de l'incertitude, ainsi qu'un lien très fort à l'expérimentation physique). Ce périmètre permet d'illustrer la dimension transversale mise en avant dans une première analyse par le CGDD de la métrologie et de l'instrumentation (CGDD, 2010 et 2013). Contrairement aux analyses antérieures, le Céreq a privilégié une approche « métier » de ce domaine à une approche « filière ». Cette approche permet de mieux comprendre la spécificité de la mesure, considérée ici comme une activité (liée de manière très étroite à des instruments), et non plus simplement comme un produit, qui impliquerait une filière.

Les études préalables sur la métrologie et l'instrumentation

Dans son étude sur le développement des « filières industrielles stratégiques de l'économie verte » (2013), le CGDD avait repéré la métrologie et l'instrumentation comme étant une filière à part entière de l'économie verte (filière n°18). Celle-ci était alors restreinte à la « *métrologie et l'instrumentation des milieux et de l'environnement* ». Elle couvrait les activités liées au « *développement et [à] la fabrication d'instruments de mesure permettant l'analyse de paramètres quantitatifs et qualitatifs relatifs à l'air, à l'eau et au sol* » ; à « *l'intégration et la combinaison d'équipements dans le but de construire des systèmes de contrôle adaptés au contexte spécifique des opérateurs ou au besoin des utilisateurs publics ou privés* » ; à la « *distribution des systèmes et instruments de mesure* » et à « *l'analyse et [au] traitement des données à la suite de la mesure proprement dite* » (CGDD, 2013 : 238).

Cette analyse pointait en particulier le rôle important, dans les technologies d'analyse liées à l'environnement, des **capteurs** chimiques, physiques ou biologiques.

Source : Commissariat général au développement durable, 2010, *Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte* & 2013, *Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte : enjeux et perspectives.*

L'**instrumentation** peut désigner un ensemble industriel, notamment celui de la « fabrication d'instrumentation scientifique et technique ». Ce domaine industriel est quantifiable, à travers notamment l'outil du Céreq des portraits statistiques de branche (PSB). En effet, une sous-entrée correspond spécifiquement à cette définition (NAF rev 2 « 2651Bp »).

Le terme « **instrumentation** » regroupe également l'« *ensemble des instruments et appareils permettant d'assurer* [la commande et le contrôle] » d'une machine ou d'un *process* (Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse, tome 8 : 5619). Il désigne la *« technique de mise en œuvre d'appareils de mesures, d'actionneurs, de capteurs, de régulateurs »* en vue de piloter en automatique un procédé industriel (référentiel BTS CIRA[2], 2015). Cette instrumentation concerne, pour une grande part, l'industrie chimique et agro-alimentaire, et plus généralement les industries qui conçoivent, réalisent ou exploitent des procédés de transformation physico-chimiques. L'instrumentation concerne également tous les *process* continus dont ceux impliquant l'énergie (centrales thermiques et nucléaires). La vérification de la justesse de la mesure (à travers la qualification de l'instrument de mesure) relève quant à elle de la **métrologie**.

En effet, la métrologie « *s'attache* […] *à analyser les causes d'erreur* [de mesure] *pour les éviter par des méthodes convenables ou en tenir compte en appliquant des corrections appropriées ».* Elle *« étudie les erreurs résiduelles* […]. *Cela conduit à estimer la probabilité pour que l'incertitude finale soit comprise dans telle ou telle limite.* » (Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse, tome 10 : 6893)

Très peu de données sont par ailleurs disponibles sur les métiers de la mesure. Une approximation du nombre d'emplois concernés par l'industrie de l'instrumentation (conception et fabrication) est réalisable grâce aux portraits statistiques de branche (PSB) du Céreq. Le code NAF rev. 2 « 2651B » (*Fabrication d'instrumentation scientifique et technique*) permet de repérer le nombre d'emplois (cf. graphiques ci-dessous).

Comme le montre l'évolution de l'indice en base 100 des effectifs salariés dans la « fabrication d'instrumentation scientifique et technique », le nombre d'emplois de cette activité aurait diminué entre 1994 et 2010 (cf. graphique n°1) ; tandis qu'il aurait augmenté entre 2009 et 2014 (cf. graphique n°2).

[2] Brevet de technicien supérieur Contrôle industriel et régulation automatique.

Graphique n 1 ● Evolution des effectifs salariés base 100 en 1994

Evolution des effectifs salariés base 100 en 1994

Fabrication d'instrumentation scientifique et technique

Source : UNEDIC et ACOSS exploitation Céreq (cf. tableau n° 2 en annexe 7.3)

Graphique 2 ● Evolution des effectifs salariés base 100 en 2009

Evolution des effectifs salariés base 100 en 2009

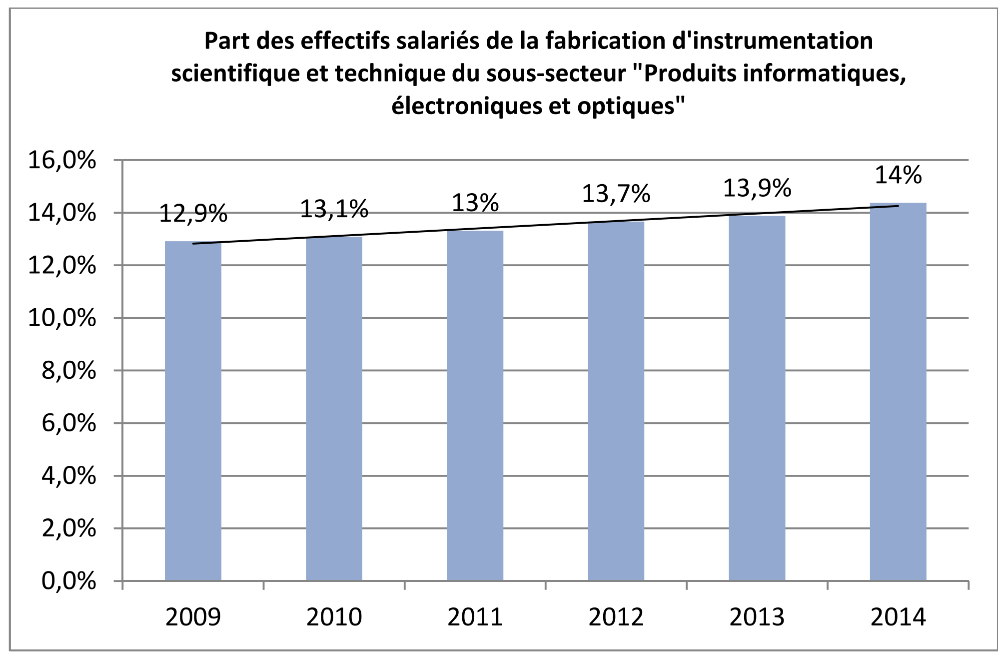
Fabrication d'instrumentation scientifique et technique
ensemble "Produits informatiques électroniques et optiques"

Source : UNEDIC et ACOSS exploitation Céreq (cf. tableau n° 3 annexe 7.3)

Les effectifs recensés par la source ACOSS seraient de 23 300 salariés dans le sous-secteur de la fabrication d'instrumentation scientifique et technique pour un total de 180 400 salariés dans l'ensemble du sous-secteur (« Produits informatiques, électroniques et optiques ») en 2009. Ces effectifs ont augmenté en 2014 (24 400 salariés) pour l'activité de fabrication d'instrumentation scientifique et optique tandis qu'ils ont diminué sensiblement pour l'ensemble de la branche (170 000 salariés) (cf. graphique n°2).

Ainsi, la part du sous-secteur de l'instrumentation scientifique et technique dans la branche (au sens des PSB) des « Produits informatiques, électroniques et optiques » aurait eu tendance à augmenter de manière non linéaire entre 1994 et 2010 (source UNEDIC) ; et de façon un peu plus nette entre 2009 et 2014 (source ACOSS), passant de 12,9 % en 2009 à 14 % du secteur en 2014 (cf. graphique n° 3).

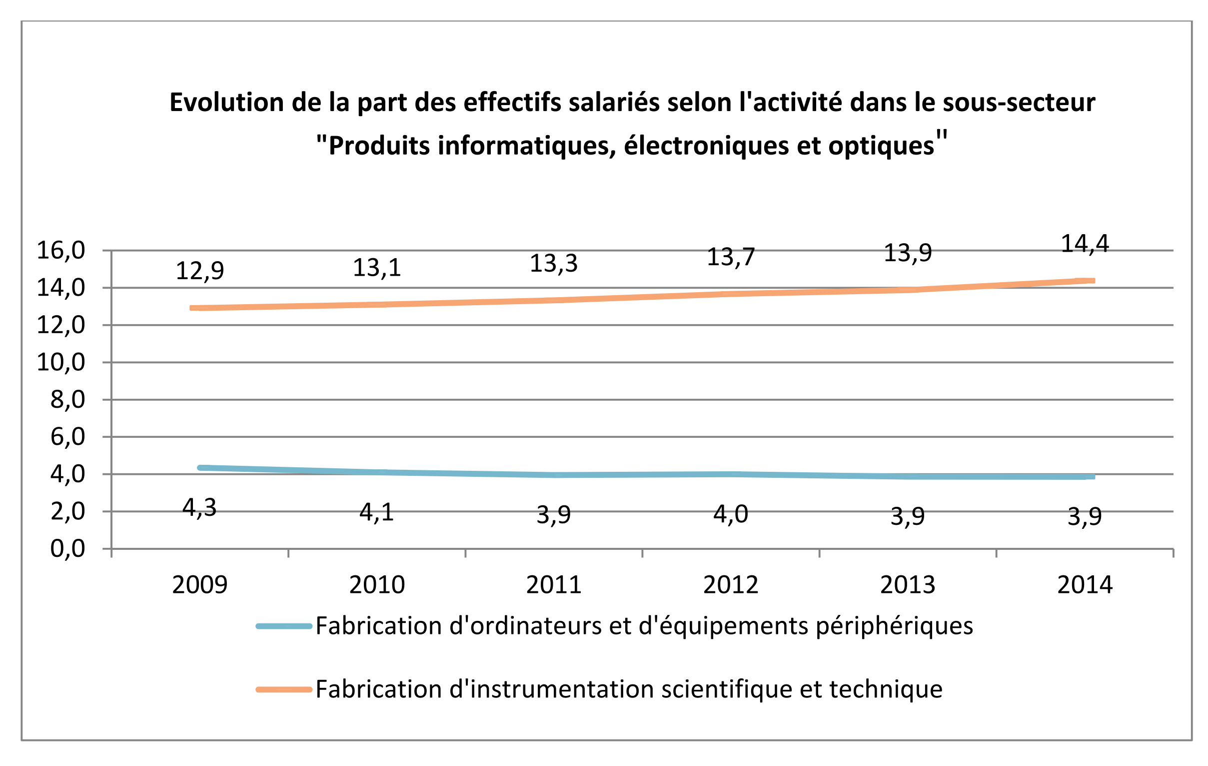
Graphique 3 ● Part des effectifs salariés de la fabrication d'instrumentation scientifique et technique du sous-secteur « Produits informatiques, électroniques et optiques »



Source : ACOSS exploitation Céreq (cf. tableau n° 1 en annexe 7.3)

Cette activité semble ainsi être plus dynamique que les autres activités de la branche des « Produits informatiques électroniques et optiques » (cf. graphique n°4 pour les exemples de la fabrication d'instrumentation scientifique et optique et la fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques).

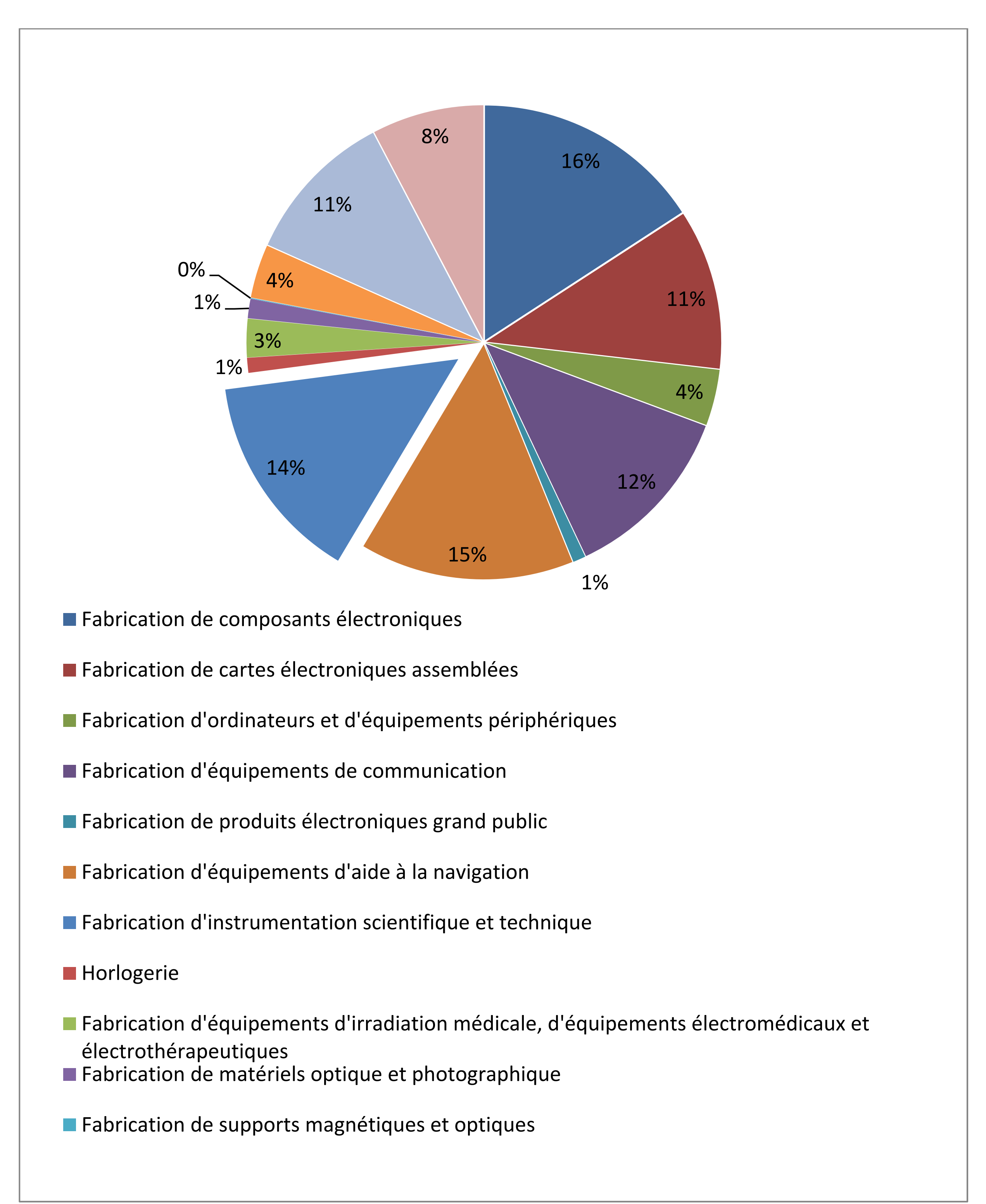
Graphique 4 ● Evolution de la part des effectifs salariés selon l'activité dans le sous-secteur « Produits informatiques, électroniques et optiques »



Source : ACOSS exploitation Céreq (cf. tableau n° 1 en annexe 7.3)

Cette activité (fabrication d'instrumentation scientifique et technique) représente par ailleurs une part importante du sous-secteur « Produits informatiques, électroniques et optiques » (cf. graphique n°6).

Graphique 6 ● Répartition des différents ensembles composant le sous-secteur « Produits informatiques, électroniques et optiques » en 2014



Source : UNEDIC et ACOSS exploitation Céreq (cf. Tableau n° 1 en annexe 7.3)

Cette étude élaborée pour le compte du Commissariat général au développement durable (CGDD) présentera les spécificités des métiers de la mesure. Trois ensembles de métiers seront analysés : métrologue ; instrumentiste ; métiers de l'analyse. Une dernière partie concernera les spécificités de la fabrication et de la conception des instruments de mesure, et plus globalement de l'instrumentation. Ces métiers seront analysés à partir de leur spécificité emploi-formation : missions des professionnels ; place en entreprise ; rôle professionnel ; internalisation ou externalisation de l'activité ; évolutions récentes (qu'elles soient technologiques ou organisationnelles) ; appareil de formation existant. Une partie sera par ailleurs spécifiquement consacrée à l'analyse de l'impact de la transition écologique sur ces métiers.

1 Le métier de métrologue

1.1 Les missions du métrologue : du contrôle des produits à la gestion d'un parc d'instruments

« La métrologie pour nous est […] *l'étude de la mesure proprement dite – toutes les problématiques d'erreur, des calculs d'erreur, là on est dans la métrologie. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

> *« Métrologie, c'est tout ce qui est, entre guillemets, science de la mesure. Donc je vais peser, mesurer des volumes, mesurer des distances, des longueurs, des choses comme ça. Donc le cas typique : c'est Renault qui fabrique un écrou, il faut que l'écrou puisse aller sur les chaînes de fabrication, et ait la bonne dimension.* […] *L'instrument de mesure sert à mesurer* […] *donc la finalité c'est quand même de mesurer quelque chose. Mais l'instrument de mesure, il n'est pas fiable. Il y a des dérives dans le temps. Comme je vous disais, votre balance chez vous, elle n'est pas fiable. Donc il faut justement la fiabiliser, ce qu'on appelle l'étalonner, c'est-à-dire en gros qu'elle redonne le bon résultat. Ça c'est récurrent, il y a des choses à faire. Il y a beaucoup de normes là-dessus.* [Il faut] *savoir à quelle température il faut le faire, à quelle hygrométrie, la façon de peser,* [de ne] *pas peser. Tel instrument doit être étalonné tous les X mois, X années. Donc ça c'est vrai que c'est la métrologie au sens large »* (Entretien directeur adjoint d'une filière de formation en instrumentation à l'Université, octobre 2013).

Les métrologues sont numériquement peu nombreux en entreprise, une affirmation réitérée par les professionnels, même si une évaluation quantitative du nombre de métrologues travaillant dans un service internalisé en entreprise ou pour des prestataires externes reste très difficile à préciser.

Les métrologues peuvent travailler dans de nombreux domaines industriels : depuis l'usinage jusqu'à la mécanique ou encore la maintenance (entretien représentant UIMM). Ils sont bien représentés chez les constructeurs. En effet, *« il faut régler l'appareil au départ, il faut régler des appareils qui règlent des appareils. Et on est plutôt chez ceux qui vont régler l'appareil qui vont régler les appareils. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

Les entreprises spécialisées en essais et mesure n'embauchent pas nécessairement beaucoup de métrologues en interne : dans une entreprise nationale interviewée, le pôle Sud dispose de deux métrologues qui s'occupent de la métrologie des instruments, tandis que les autres pôles nationaux envoient leurs matériels à des laboratoires accrédités (entretien équipe métrologie, entreprise d'essais et mesure, octobre 2013).

Les centres de recherche sont des lieux importants pour l'emploi de métrologues, même si numériquement là encore cette source d'emploi reste modeste :

> *« Dans les centres de recherche, on est obligé d'avoir des métrologues parce qu'on doit quand même cerner des problématiques de mesure, des problématiques de signaux et ainsi de suite ;*

définir la validité de ce que l'on fait. » (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

Enfin, la métrologie légale représente un autre secteur d'emplois pour les métrologues. Cette activité consiste à contrôler un certain nombre d'instruments de mesure réglementés liés à la protection du consommateur et aux transactions commerciales (Entretien DIRECCTE, octobre 2013).

1.1.1 Des missions qui englobent la métrologie, la maintenance, la production et la QSE dans les PME

Un rapport de l'Ecole des Mines de Douai (2010) a *« réalisé un état des lieux de l'offre et des besoins de formation des PME (Petites et Moyennes Entreprises) en métrologie »* (EMD, 2010 : 4). Cette étude a été conduite à la demande du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie qui s'interrogeait sur d'éventuelles lacunes des PME françaises en termes de compétences métrologiques – lacunes pouvant influer sur leur compétitivité. L'objet de ce rapport était ainsi de dresser un état des lieux des compétences métrologiques et de l'organisation de ces compétences dans les PME françaises. Ce rapport, s'il ne rapporte que des informations parcellaires sur le métier de métrologue en entreprise est cependant hautement éclairant sur une situation très spécifique : la place des métrologues dans les PME.

Le rapport de l'Ecole des Mines de Douai a permis d'élaborer un répertoire des formations en métrologie classées par niveau[3]. Cette enquête, centrée sur les PME, est très spécifique, puisque, comme il a été montré *supra*, les métrologues peuvent travailler dans différents types de structures (fonction publique, grands groupes, etc.), et ne sont pas présents uniquement dans des PME La métrologie, dans les PME., constitue par ailleurs une activité parmi d'autres des techniciens ou ingénieurs investis sur ces tâches. Enfin, les entreprises ayant répondu au questionnaire envoyé par l'Ecole des Mines de Douai sont, pour 83,5 % des réponses, des industries manufacturières, de chimie et d'agroalimentaire.

L'Ecole Supérieure de Métrologie de l'Ecole des Mines de Douai

Source : Site de l'ESM ; http://www.esm.fr/historique.html
Site des Mines de Douai ; http://www.mines-douai.fr/pages/mastere-specialise-système-de-mesure-et-metrologie

Créée en 1929 sous le nom d'Ecole des Poids et Mesures, l'Ecole Supérieure de Métrologie dispensait un enseignement orienté exclusivement vers la métrologie légale. Elle formait les fonctionnaires - ingénieurs et techniciens - chargés du contrôle des instruments de mesure réglementés par l'Etat (balances, compteurs d'eau ou d'hydrocarbures, sonomètres, cinénomètres de la gendarmerie, etc.). L'ESM avait reçu en 1979 l'habilitation de la Commission des Titres de l'Ingénieur.

En 1985, l'ESM a été rattachée administrativement à l'Ecole des Mines de Douai, et a continué à accueillir des élèves fonctionnaires jusqu'en 1989, et des auditeurs étrangers jusqu'en 1994.

Pourtant, « *nous avons besoin au niveau National et International de personnes formées à la métrologie pour différents niveaux de responsabilités, notamment de cadres de bon niveau, capables de prendre en charge la conception et le suivi de systèmes de mesure pour tous les domaines d'activité, en y intégrant les nouvelles technologies. C'est ainsi que l'Ecole Supérieure de Métrologie recrute à nouveau depuis 1999.* » (site ESM)
Dès lors, « *L'ESM forme [aujourd'hui] des ingénieurs spécialisés français et étrangers de haut niveau aptes à :*

- *prendre en charge les préoccupations métrologiques des Industriels (détermination des incertitudes de mesure et respect des tolérances…) aussi bien en Conception qu'en Production*
- *choisir un Instrument de Mesure au regard de spécifications techniques*

[3] Cf. http://www.entreprises.gouv.fr/metrologie/formation-metrologie

- *concevoir un système de Mesure* ».

En 2011, ce cycle de spécialisation a été poursuivi par le mastère spécialisé en Systèmes de mesure et métrologie, accessible à tout diplômé niveau I (bac+5) souhaitant acquérir une double compétence en métrologie.

L'Ecole des Mines de Douai, forte de cette association avec l'ESM, a été chargée en 2010 de mener une enquête sur les besoins de formation en métrologie dans les PME.

Les missions couramment exercées en métrologie (dans les PME), identifiées dans le rapport, sont :
- la mesure, contrôle des produits ;
- le raccordement aux étalons nationaux ;
- l'étalonnage en interne des instruments ;
- la gestion du parc d'instruments (vérification) ;
- la conception ou validation du processus de mesure.

Les activités métrologiques (dans les PME) sont, pour 60 % des réponses, prises en charge à temps plein par les professionnels concernés ; tandis que 40 % des professionnels partagent leurs activités entre la métrologie, la production, la maintenance et la Qualité, Sécurité, Environnement (QSE). Lorsque l'activité est fractionnée en plusieurs tâches, 30 % du temps des professionnels en moyenne est consacré à la métrologie ; et les 70 % de temps restant sont utilisés à d'autres activités (production, maintenance, qualité, etc.) (EMD, 2010 : 22).

Les savoirs et savoir-faire le plus souvent demandés aux métrologues concernent :
- des compétences statistiques ;
- savoir exploiter des résultats d'étalonnage ;
- maîtriser le processus de mesure ;
- savoir optimiser les coûts de la métrologie ;
- connaître les différents capteurs, ainsi que les équipements de mesure et d'instrumentation ;
- connaître les normes organisationnelles en métrologie ;
- connaître les référentiels de certification ISO 9001 ou ISO/TS 16949 ou d'application ISO 10012 ou ISO 17025 (EMD, 2010 : 26).

1.1.2 Trois niveaux de qualification : de l'opérateur à l'ingénieur

Dans le cadre d'une formation dispensée par le Collège Français de Métrologie (*Comment s'assurer de la qualification des techniciens de mesure*, Paris, mardi 19 novembre 2013), les formateurs décrivaient les différents niveaux de qualification des métrologues : de l'opérateur ou « contrôleur » à l'ingénieur métrologue.

L'opérateur ou « contrôleur »

L'opérateur *« intervient généralement dans la déclaration de conformité du produit ».* Il est *« rattaché soit au service contrôle qualité, soit à la production, soit au service maintenance »* (Larquier, 2013 : 2). L'opérateur *« travaille suivant des modes opératoires et des procédures préalablement définies »* et *« peut réaliser des étalonnages en interne »* (Larquier, 2013 : 2). Cette description par Larquier indique que les opérateurs dont les activités sont ici décrites travaillent plutôt dans des PME ou dans des grandes entreprises dans lesquelles la métrologie est internalisée.

Le technicien métrologue

Le technicien métrologue est *« capable de mettre en œuvre des processus de mesure spécifiques et possède les bases pour la détermination des incertitudes de mesure ».* Il *« est autonome dans les mesures qu'il réalise et peut encadrer une équipe d'opérateurs »* (Larquier, 2013 : 3). Après *« quelques années d'expérience, il peut prétendre à être responsable d'un laboratoire accrédité ou responsable métrologie et qualité dans une PME. »* Par ailleurs, il *« met en place des démarches*

d'optimisation de la fonction métrologie [et] *seconde le travail de l'ingénieur métrologue.* » (Larquier, 2013 : 3)

L'ingénieur métrologue

L'ingénieur métrologue *« a la responsabilité du service métrologie, et a pour mission de mettre en œuvre toutes les actions nécessaires pour rendre optimale la fonction métrologie ».* C'est lui qui *« encadre généralement une équipe de techniciens et d'opérateurs »* (Larquier, 2013 : 4). Il peut *« intervenir dans la phase de conception, de méthodes et de fabrication afin d'optimiser sa réalisation par une analyse préalable de la faisabilité des mesures ».* Il est par ailleurs *« rarement employé dans une PME pour laquelle le service métrologie est souvent réduit à une ou deux personnes, à qui il est généralement demandé une forte polyvalence. C'est donc dans les grands groupes ou dans des organismes spécialisés dans la mesure qu'il trouve ses fonctions »* (Larquier, 2013 : 4).

1.1.3 Une activité internalisée ou externalisée ?

Le rapport de l'Ecole des Mines de Douai a souligné le fait que depuis *« la mise en œuvre des premières certifications industrielles via le référentiel* ISO 9000 *version 1994,* [on observe] *le développement sur le marché concurrentiel des sociétés prestataires de services en métrologie, dont la majorité fait l'objet d'une accréditation par un organisme national ; sociétés proposant notamment une solution de gestion de parc d'instruments de mesure permettant de décharger l'entreprise de la contrainte de surveillance périodique du parc, dans le cadre d'un contrat pluriannuel. »* (EMD, 2010 : 4)

Les entreprises recourent ainsi soit à une métrologie en interne *« disposant des ressources nécessaires pour réaliser intégralement les missions métrologiques »* (EMD, 2010 : 6), soit elles sous-traitent cette activité.

Dans les réponses des entreprises interrogées par l'Ecole des Mines de Douai (principalement des PME), les activités externalisées sont *« les activités correspondant à l'étalonnage externalisé ou internalisé des instruments de mesure,* […] *la conception et la validation des processus de mesure et* […] *la réalisation de mesures environnementales »* (EMD, 2009 : 22).

1.1.4 Les formations initiales privilégiées : Mesures Physiques, Génie Electrique, Electronique et CIRA

Le responsable d'un service métrologie d'une entreprise d'essais et mesure interrogé précise ainsi qu'il est toujours préférable de venir d'une formation en métrologie. Cependant, *« pour les formations existantes, il y a un risque de trop se spécialiser »* (entretien, responsable équipe métrologie, octobre 2013). Ce responsable préfère ainsi recruter par le biais de formations qu'il qualifie de « généralistes » comme le BTS CIRA (Contrôle industriel et régulation automatique) ou encore les formations en électronique (bac pro ELEEC ; BTS Electrotechnique) et le BTS TPIL (Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire). Il précise toutefois que l'adaptabilité au poste est essentielle, puisque même avec un master ou une licence en métrologie, il faudra toujours s'adapter au poste, aux instruments et à l'entreprise qui recrute.

Le rapport de l'Ecole des Mines de Douai indique que les entreprises (PME) sondées privilégient, pour la formation initiale, les formations en mesures physiques, génie électrique/électronique et mécanique (BTS en Génie mécanique et productique).

Par ailleurs, ce rapport précise que les niveaux IV, III et II sont bien représentés dans l'offre de formation professionnelle initiale dispensée en métrologie. Sur les niveaux V et I, l'offre est plus faible avec moins de 18 % de l'offre répertoriée (EMD, 2009 : 45). Ainsi, et le résultat est le même pour les formations professionnelles continues, les formations au niveau technicien sont les plus nombreuses. Cette donnée concorde avec l'importance numérique des techniciens parmi les métrologues.

Le DUT Mesures Physiques : une importante poursuite d'études

Les enquêtes nationales sur le devenir des diplômés de DUT montrent depuis plusieurs années qu'une majorité des diplômés de DUT *« a choisi de différer son entrée dans la vie active »*. *« C'est le cas de quatre diplômés sur cinq. »* (Le Nir et Spennato, 2012 : 65) Le rapport indique également que *« 47 % des diplômés de 2008 poursuivaient leurs études pendant les trois années qui suivaient l'obtention de leur DUT, 9 % pendant deux ans et 20 % pendant un an »* (Le Nir et Spennato, 2012 : 5).

Un échantillon de 1 125 diplômés du DUT Mesures Physiques en 2008 (taux de retour 59,7 %) indique que *« la part des diplômés choisissant une insertion immédiate et durable après le DUT est faible, inférieure à 10 % »* (Le Nir et Spennato, 2012 : 171). Cette étude montre également que 64 % des diplômés ont effectué trois années d'études à l'issue du DUT et 39 % ont poursuivi en école d'ingénieur. Pourtant l'insertion à l'issue du DUT est bonne, puisque seulement 5 % des diplômés du seul DUT MP sont, trois ans après l'obtention de leur diplôme, en recherche d'emploi, et 77 % sont en CDI (Le Nir et Spennato, 2012 : 172). Enfin, dans le cadre de cette étude, parmi les dix métiers les plus cités par les diplômés du seul DUT comme définissant leur insertion professionnelle, figure la spécialité : « technicien en métrologie ».

Source : Michel Le Nir et Mickaël Spennato, *Le DUT : un passeport pour la réussite*, Assemblée des Directeurs d'IUT et d'esprIUT, juin 2012.

1.1.5 Les évolutions de l'activité métrologique : vers une approche « processus » et une fonction transverse ?

L'activité des métrologues est définie dans la presse spécialisée à partir de la notion de *« fonction métrologique »* (Pou et Authouart, 2013 : 148). Cette fonction métrologique en entreprise est alors pensée comme la mise en place d'une *« organisation qui va permettre de garantir la confiance dans des résultats de mesure choisis et de les démontrer dans le temps »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).

En effet, traditionnellement les métrologues ont conçu leur activité professionnelle en se centrant sur l'appareil de mesure : *« c'est à cause de l'instrument que ma mesure est incertaine »* expliquaient-ils (Pou et Authouart, 2013 : 148). Cette vision du rôle des métrologues a donné lieu à *« des fonctions métrologiques dont l'activité principale était le contrôle des instruments de mesure, c'est-à-dire la réalisation d'étalonnages suivis de vérifications et de la pose de l'étiquette de conformité qui semblait dire à l'utilisateur 'tu peux utiliser cet instrument en toute confiance' »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).

La tendance a donc été de *« faire porter à l'instrument toute la responsabilité de la confiance sur la mesure »* (Pou et Authouart, 2013 : 148). Or, ces dernières années, l'on s'est aperçu que *« le problème était bien plus vaste : ce n'est pas l'instrument qui fait la mesure, mais c'est l'instrument et sa mise en œuvre : c'est-à-dire le processus de mesure »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).

Dans une vision prospective, Jean-Michel Pou et Frédéric Authouart, métrologues, pensent la métrologie du futur comme *« la science du processus de mesure »* (Pou et Authouart, 2013 : 148). Une dynamique est actuellement à l'œuvre dans le métier de métrologue – un métier *« en pleine révolution »* qui est en train de passer *« d'une métrologie de l'équipement de mesure* [à] *une métrologie du processus de mesure »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).

Cette métrologie du processus de mesure transforme le métier vers une *« fonction transverse de l'entreprise »* qui devra *« dialoguer avec tout le monde : de l'opérateur au directeur en passant par les auditeurs externes »*. Cette fonction *« aura plusieurs rôles : gestionnaire des contrôles, expert de la mesure, formateur, acteur dans les réunions projets, interlocuteur de l'assurance qualité, rédacteur de préconisation »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).
Le métrologue en charge de telles tâches *« devra se former régulièrement, se renouveler, accepter les nouvelles idées et posséder une aisance dans la relation humaine »* (Pou et Authouart, 2013 : 148).

1.2 Quelle sensibilisation à la transition écologique et énergétique chez les métrologues ?

1.2.1 Une sensibilisation à la transition écologique actuellement peu importante chez ces professionnels

Les entreprises, centres de formation et organismes de recherche présents au *Salon des technologies et des services en électronique, embarqué, IoT, mesures, électronique, vision et optique* (ENOVA Parc des Expositions, Paris, 2013), exposant dans l'espace « Mesurexpovision & Village Métrologie », ont été interrogés dans le cadre de cette étude. Ils ont rendu compte de leur faible prise en compte des enjeux de la performance écologique dans leurs activités professionnelles - qu'elles relèvent de la prestation de services métrologiques, de la formation initiale ou continue à la métrologie ou des activités de recherche en lien avec la métrologie et la mesure.

Cette faible sensibilisation des prestataires de service en métrologie aux enjeux environnementaux de leurs activités est confirmée par un entretien avec une équipe de techniciens et ingénieurs en métrologie exerçant dans un grand groupe d'essais et mesures. Cette équipe a exprimé son désarroi face à des exigences environnementales qui commencent à se manifester. Cette question intéresse cependant ces professionnels, mais ils ne voient pas comment leur activité pourrait être modifiée afin de mieux prendre en compte de tels enjeux. Ils ont ainsi été interpelés par l'étude, mais seraient plutôt en demande de conseils. Le même constat peut être fait pour les responsables de formations initiales.

Ainsi, le technicien métrologue interrogé explique qu'il ne voit pas quels impacts pourraient avoir les enjeux environnementaux, énergétiques ou écologiques sur les métiers de la mesure. Il explique ainsi que *« les contraintes sont avant tout économiques à la performance énergétique »* (entretien technicien métrologie, entreprise d'essais et mesure). Par ailleurs, ces enjeux environnementaux, énergétiques et écologiques sont pour le moment pris en charge par le management au développement durable de l'entreprise. Pour ce technicien, ce management est avant tout un argument commercial, lié à l'image de l'entreprise.

Pourtant, il reconnaît que certaines démarches mises en œuvre par le management développement durable peuvent être intéressantes dans le cadre de leurs activités : des « causeries » (groupes de conversation) sont organisées au sujet de l'impact environnemental de leurs activités ou encore le recyclage en fin de vie des produits. Ces thématiques sont introduites dans ces groupes de discussion principalement par le biais des constructeurs de technologies de mesure, qui notent dans les fiches techniques fournies avec les instruments des indications très précises concernant l'impact environnemental des activités liées à un instrument de mesure ou encore sur la recyclabilité des produits vendus. Comme nous le verrons en dernière partie de ce rapport, la sensibilisation des métrologues aux enjeux environnementaux, énergétiques et écologiques, peut venir des constructeurs et équipementiers. Ce sont eux, avec les fiches techniques qu'ils fournissent, qui orientent – dans l'entreprise interviewée - le management environnemental des activités métrologiques, géré par la norme ISO 14001 (en effet les thématiques des « causeries » sont déterminées par leurs fiches techniques).

Enfin, un inspecteur de l'Education nationale interrogé précise que les métrologues sont un peu *« déconnectés du système »* de performance énergétique et écologique ; contrairement aux instrumentistes qui sont *« au cœur du dispositif »* (entretien Education nationale, janvier 2016). Les métrologues, selon cet inspecteur, ont tendance à rester focalisés sur les enjeux de mesure, d'incertitude de mesure et de qualification des appareils de mesure. Pourtant, une analyse des offres d'emploi récentes (recherche effectuée le 29 janvier 2016 sur différents sites comme Option Carrière ou Pôle Emploi) montre que les métrologues sont parfois incités à considérer les enjeux de qualité, voire de performance environnementale, dans leurs activités. La recherche par annonces d'offres d'emploi n'a pu permettre de rendre compte de l'importance de la variable de la taille des

entreprises dans cette recherche (grands groupes ou petites et moyennes industries). Une tendance se dégage cependant : la dimension internalisée de l'activité métrologique est essentielle pour la prise en compte des enjeux liés à l'amélioration continue et la qualité.

1.2.2 Une analyse des offres d'emploi : l'apparition de tâches liées à la qualité chez les métrologues

La comparaison de différentes offres d'emploi en métrologie (contrôleur/contrôleuse en métrologie en mécanique et travail des métaux ; ingénieur instrumentation et métrologie (H/F) ; ingénieur(e) qualification/validation/métrologie ; métrologue (H/F); expert métrologue (H/F) etc.) permet de mieux saisir les spécificités de l'activité métrologique, ainsi que ses liens aux services qualité, en fonction du niveau de qualification et des caractéristiques de l'entreprise. Même si nous n'avons pas pu repérer de variable taille lors de l'analyse des offres d'emploi, le descriptif précédent des activités et du rôle professionnel des métrologues dans les PME nous incitent à penser que ces offres concernent plutôt des métrologues polyvalents dans des petites et moyennes entreprises.

Une annonce-type de métrologue reprend généralement les compétences suivantes :

- définition des méthodes d'étalonnage et de vérification et proposition des instruments de mesure de référence ;
- coordination, planification et réalisation des interventions d'étalonnage et de vérification ;
- contrôle du déroulement des opérations d'étalonnage et de vérification dans les services de production ;
- gestion des étalons de références et des instruments de mesure ;
- mise en place des procédures de métrologie, des fiches et des documents de suivi ;
- rédaction des procès-verbaux de contrôle ;
- contrôle et traçabilité des moyens et instruments de mesure (identification, inventaire, remise en état, déclassement…).

Ces activités représentent le « cœur de métier » du métrologue.

L'analyse des offres d'emploi repérées montre que dans certaines entreprises – notamment pharmaceutiques ou du domaine médical – la participation des métrologues à la démarche qualité et à l'amélioration continue des produits est importante. Ces entreprises sont le plus souvent manufacturières, chimiques ou agroalimentaires. En effet, dans les annonces cherchant des métrologues, en vue d'exercer chez des prestataires de métrologie ou des constructeurs d'appareils de mesure, cette dimension est beaucoup moins présente.

Ainsi, dans une offre de métrologue dans le secteur du génie civil/architecture/BTP, il est précisé que le professionnel devra *« collabor*[er] *avec les Analystes Qualité au cours des contrôles et pour la communication des résultats avec les autres services »* (offre d'emploi de Métrologue (H/F) postée par le recruteur Synergie sur le site actu-cv.com le 29/01/2016). L'offre précise également que le métrologue devra *« utilise*[r] *le retour d'expérience pour faire des suggestions d'amélioration des cahiers des charges moyens de contrôle »* et qu'il devra *« participe*[r] *à l'évolution du cahier de préconisations des Moyens de Contrôle spécifiques »* (offre d'emploi de Métrologue (H/F) postée par le recruteur Synergie sur le site actu-cv.com le 29/01/2016).

Dans une entreprise du domaine médical, cette latitude du métrologue est également forte : l'expert/experte métrologue devra *« participer activement à l'amélioration continue des procédés de fabrication* [dans les] *laboratoire »* ; il lui est également demandé d'être *« force de proposition (optimisation de la base d'intervention, diminution des pannes, des coûts, amélioration de la qualité) »* (offre d'emploi d'expert/experte métrologue postée par Pôle emploi le 29/01/2016).

Dans une autre entreprise, le métrologue recruté aura beaucoup moins de latitude pour faire évoluer la démarche qualité ou d'amélioration continue. Dans l'offre postée, le métrologue doit *« assurer la*

conformité des produits […] *réaliser les contrôles conformément aux instructions du dossier* [et] *en cas d'écart, de non-conformité,* […] *alertez le responsable afin que les modifications soient réalisées. »* (offre d'emploi de Métrologue (H/F) postée par Randstad sur le site emploineo.com) Il est toutefois demandé à ce métrologue d'être *« force de proposition pour des actions d'amélioration »* (offre d'emploi de Métrologue (H/F) postée par Randstad sur le site emploineo.com).

Cette dimension de « proposition » ou de participation active à la démarche qualité n'est cependant pas présente dans toutes les offres, bien au contraire. Le plus souvent le métrologue est cantonné à des activités de vérification et de contrôle des instruments, voire des produits. Le niveau de qualification joue également de manière importante dans cette participation ou non à la démarche qualité : les opérateurs ou « contrôleurs » titulaires de de BEP ou bac pro en mécanique ou équivalent seront souvent mobilisés sur des tâches répétitives et sans possibilité de prise d'initiative. Les ingénieurs (en particulier dans les grands groupes ayant internalisé la métrologie) pourront bien plus souvent *« agi*[r] *en management transverse sur l'ensemble des activités des laboratoires et plus largement en conseil sur le site* [industriel] *»* (offre d'Ingénieur instrumentation et métrologie (H/F), postée par link finance sur le site neuvoo.fr le 29/01/2016)

Offre d'emploi d'expert/experte métrologue

Source : Pôle Emploi

« Description de l'offre : Sophia Antipolis recherche pour son client, un métrologue/technicien calibration, maintenance, équipement domaine médical H/F. Les principales responsabilités de la fonction seront :

- réalise les opérations d'étalonnage, de vérification, de qualification et de maintenance des appareils de mesure/équipement production dans le respect des réglementations ;
- responsable des calibrations en accord avec les exigences des BPF, ISO 13485 et règes d'hygiène, sécurité et environnement ;
- assure le support technique, équipement et calibration ;
- participe activement à l'amélioration continue des procédés de fabrication / laboratoires existants.

RESPONSABILITES :
- crée ou met à jour les dossiers des équipements, les modes opératoires ;
- gère la base d'enregistrement GMAO pour les appareils de mesure (Mise à jour/optimisation) ;
- assure le renseignement des interventions métrologiques sur la base GMAO ;
- définit les plannings de calibration et les priorités associées ;
- propose et met en place les ressources associées à ce planning en fonction des disponibilités des matériels et ressources ;
- étudie, définit, choisit et met en place les appareils de mesure ;
- gère la formation des ressources sur la métrologie (opérations de calibrage/Backup) ;
- est force de proposition (optimisation de la base d'intervention, diminution des pannes, des coûts, amélioration de la qualité…) ;
- définit et réalise des plans d'entretien et de calibrage des appareils de mesure ;
- réalise des interventions de calibrage dans les délais impartis fonction de la disponibilité équipement ;
- renseigne et/ou vérifie les documents relatifs aux enregistrements et interventions et les fait approuver si nécessaire ;
- organise et suit les interventions avec les sous-traitants, les évalue techniquement en coordination avec le service achat.

[…]
Expérience : Expérience exigée de 2 à 5 ans »

Offre d'emploi Contrôleur/contrôleuse en métrologie en mécanique et travail des métaux

Source : qapa.fr/offres-d-emploi

« Description du poste : Molsheim recherche pour son client un Contrôleur tridimensionnel H/F rattaché(e) au responsable AQF, vous assurez et garantissez la conformité des produits avant leur entrée en ligne de production. Vous êtes en charge de :

- effectuer le contrôle réception des fournitures ;
- appliquer les procédures de contrôle ;
- rédiger des rapports de non-conformité et effectuer les suivi de non-conformité ;
- suivre des actions préventives et correctives ;
- prendre contact avec les fournisseurs.

Compétences :

- savoir renseigner un procès-verbal de contrôle ;
- savoir : connaître les outils bureautique ;
- savoir-être : s'intégrer facilement dans une équipe ».

Ainsi, dans les industries manufacturières, chimiques et agro-alimentaires, l'intégration des métrologues dans la démarche qualité semble émerger et leur rôle transverse mis en valeur, notamment pour les techniciens expérimentés ou les ingénieurs. On leur demande d'être *« force de proposition »*, d'*« avoir un excellent relationnel ».* Cette évolution correspond aux évolutions récentes de la place de la métrologie dans les entreprises, comme nous l'avons souligné *supra*. Sensibilisés aux questions énergétiques, environnementales et écologiques et à l'amélioration continue des produits (utilisation moindre de ressources naturelles, de produits recyclés, attention à l'efficacité énergétique des *process* de fabrication, etc.), les métrologues pourraient utiliser leur nouveau rôle de conseil et d'interlocuteur des services qualité pour être les relais de la mise en œuvre d'une *« usine responsable »* (Dossier d'opportunité BTS CIRA, GIMELEC).

Il faut noter cependant que ce rôle d'interface pourra apparaître lorsque les tâches demandées au métrologue sont associées à une multitude d'activités connexes : instrumentation, électronique, analyse, qualité voire sécurité. Certains professionnels estiment qu'il s'agit là d'exceptions plutôt qu'une règle ou une tendance. Nous noterons cependant que ce sont ces métrologues polyvalents qui peuvent avoir un rôle dans la transition écologique, de par leurs activités transverses. Une sensibilisation de ces personnels apparaît donc importante.

1.2.3 Les formations initiales menant à la métrologie : quelle prise en compte des enjeux de la transition écologique ?

Un DUT Mesures Physiques en évolution

La rénovation des Programmes Pédagogiques Nationaux des DUT

« L'ensemble des programmes pédagogiques nationaux (PPN) des 24 spécialités de DUT a été rénové en 2013. Ces PPN, conformes au cadre général de l'arrêté du 3 août 2005 relatif au diplôme universitaire de technologie (DUT), ont été conçus afin de permettre d'adapter les formations de DUT aux conséquences induites par la réforme du lycée.
Par ailleurs, outre les objectifs précités, le schéma des nouveaux PPN s'appuie sur :

- *la présence d'un référentiel d'activités et de compétences ;*
- *la description du référentiel complet de la formation lequel est ensuite décliné en fiches modules.*

Ces nouveaux PPN sont guidés par plusieurs principes pédagogiques innovants et placés au cœur de la vocation professionnelle du DUT :

- *Importance de la pédagogie par la technologie ;*
- *Positionnement du projet personnel et professionnel de l'étudiant ;*
- *Projets tutorés et stages ;*
- *Prise en compte des enjeux actuels de l'économie (entreprenariat, normalisation, intelligence économique, etc.). »*

Source : ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ; http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Le programme pédagogique national des DUT Mesures Physiques a été rénové par la Commission pédagogique nationale (CPN) des IUT Mesures Physiques en 2013.

Ce programme devait intégrer la *« prise en compte des enjeux actuels de l'économie »* (http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr). Les préoccupations environnementales et énergétiques font partie intégrante de ces enjeux dans le PPN : *« Le programme pédagogique prend en compte l'évolution du monde professionnel et économique. Ainsi le contenu pédagogique de la formation aborde les points suivants : la normalisation, le développement durable, les règles d'hygiène et sécurité, la gestion de projet, l'entreprenariat. »* (PPN Mesures Physiques, 2013 : 14).

Un module complémentaire spécifique est dédié aux « Energie renouvelable, production et stockage » dans le parcours IPI. Enfin, *« une sensibilisation à la gestion des déchets dans plusieurs*

modules de différents domaines permet […] *d'aborder la notion plus large du cycle de vie d'un produit »* (PPN 2013 : 14).

La *« pédagogie par la technologie »* (http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr), spécificité de ce PPN intègre les enjeux de *« développement durable »* (PPN 2013 : 48). La dimension de réflexivité des futurs professionnels face à ces questions est essentielle, et c'est pourquoi ils doivent être questionnés dans la mise en situation professionnelle (projet tutoré 3). Dans différents modules, la mise en pratique « apprendre autrement » peut s'effectuer à travers des exemples liés à l'environnement et l'énergie comme pour le module de « Techniques spectroscopiques ». Le PPN indique que *« des exemples de mesures environnementales pourront être choisis (polluants organiques persistants, pesticides, médicaments, pigments, métaux lourds…).* » De la même manière, le module « Analyses électrochimiques et méthodes chromatographiques » pourra intégrer une *« utilisation possible de logiciels de simulation, des exemples de mesures environnementales (pigments, gaz d'échappement, médicament, polluants organiques persistants, pesticides, métaux lourds) [ainsi qu'une] sensibilisation au recyclage »*. (PPN 2013 : 64). Les mêmes consignes sont données pour les mesures acoustiques et la comptabilité électromagnétique.

Un BTS TPIL à rénover pour intégrer les enjeux environnementaux et énergétiques

Le DUT Mesures Physiques serait idéalement « cœur de métier » pour les métrologues. Cependant, l'importance de la poursuite d'études dans cette filière implique une faible proportion de sortants d'études travaillant comme techniciens. Le BTS TPIL apparaît ainsi comme central dans les recrutements, en tant que BTS spécifique pour la métrologie (les autres formations demandées seront beaucoup plus généralistes en génie mécanique et électrotechnique) (Entretien Inspecteur Education nationale, janvier 2016).

BTS Techniques Physiques pour l'industrie et le laboratoire, Définition

« Le technicien supérieur titulaire du BTS Techniques Physiques pour l'industrie et le laboratoire possède des :

- *connaissances scientifiques ;*
- *compétences techniques ;*
- *qualités humaines.*

Il les a acquises par une formation scientifique et technique couvrant les différents domaines de la physique, une formation générale étendue et une expérience significative de l'entreprise.

Ainsi il est apte à :

- *effectuer des mesures physiques, contrôler des appareils, réaliser des mises au point, rédiger des rapports pour proposer des améliorations de conception et de fonctionnement ;*
- *participer à l'organisation et à l'animation d'une équipe ;*
- *intégrer la qualité et la sécurité dans ses démarches ;*
- *percevoir la globalité d'un système et intervenir dans des domaines technologiques spécifiques ».*

Source : Arrêté portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Techniques Physiques pour l'industrie et le laboratoire ; Annexe 1 Référentiel des activités professionnelles ; 24 septembre 1998

Or, le référentiel d'activités du BTS TPIL est relativement ancien (1998) et mériterait d'être rénové dans le sens d'une intégration des enjeux écologiques, énergétiques et environnementaux.

Les formations continues et initiales en métrologie : une faible prise en compte des enjeux environnementaux des métiers

Les offreurs de formations professionnelles continues et de formations initiales en métrologie rencontrés au salon ENOVA (CNAM, Université de Lille 1, Laboratoire National de Métrologie et d'essais/LNE, Ecole des Mines de Douai, CETIAT, etc.) ont rendu compte de leur faible prise en compte des enjeux de la transition écologique ou énergétique dans leur offre de formation.

Dans le cadre d'un entretien, le secrétaire général et responsable développement durable de l'Ecole des Mines de Douai – qui héberge l'Ecole Supérieure de Métrologie – explicitait la démarche Développement Durable de l'établissement. Bien que cette école soit arrivée en tête des Grandes Ecoles pour leur volontarisme en termes de développement durable, le contenu des enseignements reste toutefois peu impacté. Seule une conférence de deux heures en début d'année présente la démarche de développement durable mise en œuvre au sein de l'école. En Génie Civil, le programme d'enseignement comprend un module spécifiquement dédié aux enjeux écologiques, environnementaux et énergétiques ; mais en métrologie (à l'ESM) aucun module lié à ces enjeux n'est intégré au programme. L'Ecole tente de sensibiliser les enseignants-chercheurs par des réunions sur ces thématiques, mais le lien avec la métrologie est malaisé à faire pour les professeurs.

L'Ecole des Mines de Douai reste ainsi dans une démarche classique des établissements de formation : à savoir une sensibilisation générale au développement durable autour du fonctionnement de l'établissement (gouvernance, papier, déchets, visio-conférences pour éviter les trajets inutiles, etc.) pour que *« chacun soit amené dans son métier à réfléchir en matière de développement durable »* (entretien EMD, octobre 2013). Si la réflexivité est essentielle à la prise en compte par les professionnels des enjeux énergétiques, écologiques et environnementaux de leurs activités, il semble qu'un enseignement trop général est peu effectif en termes d'évolution des gestes professionnels.

Tableau 1 ● Exemples de formations initiales spécialisées en métrologie

Niveaux	Intitulés de la formation
I	Master Sciences Technologies Santé, mention Instrumentation et Métrologie, management de la performance et des systèmes spécialité Expertise, métrologie, diagnostics
II	Licence Professionnelle Domaine : Sciences Technologies Santé Mention : Gestion de la Production Industrielle Spécialité : Capteurs, Instrumentation et Métrologie
II	Licence Professionnelle Domaine : Sciences, technologie, santé Licence professionnelle Gestion de la production industrielle Spécialité Métrologie-Qualité
II	Licence Professionnelle GESTION DE LA PRODUCTION INDUSTRIELLE spécialité Métrologie
II	Licence Professionnelle Gestion de la Production Industrielle Spécialité Capteurs, Instrumentation et Métrologie
II	Licence Professionnelle Gestion de la production industrielle option métrologie, instrumentation et commande de procédés pour l'industrie
II	Licence Professionnelle Gestion de la production industrielle option métrologie, qualité et sûreté industrielle (MQSI)
II	Licence Professionnelle Gestion de la production industrielle spécialité Métrologie et qualité de la mesure
II	Licence Professionnelle Licence Professionnelle Métiers de l'instrumentation de la mesure et du contrôle qualité Parcours-type : Métrologie, qualité des matériaux et objets finis
II	Licence Professionnelle Licence professionnelle Gestion de la production industrielle, spécialité Technologie et management en métrologie et qualité
II	Licence Professionnelle Protection de l'Environnement Spécialité : Métrologie en mesures Environnementales et Biologiques
II	Licence Professionnelle Domaine : Sciences, technologies, santé Licence professionnelle Énergie et génie climatique Spécialité : Efficacité Énergétique et Énergies Renouvelables (Métrologie, Diagnostic, Contrôle)
II	Licence Professionnelle Sciences Technologies Santé, Maintenance des systèmes pluritechniques, Spécialité Mesure, Instrumentation et métrologie pour l'environnement
II	Licence Professionnelle Électricité et électronique spécialité Instrumentation, capteurs et métrologie industrielle
V	Titre professionnel Agent (e) de contrôle et de métrologie

Dans ce tableau des formations spécialisées en métrologie n'apparaissent pas les formations répertoriées type DUT MP ou BTS TPIL, plus généralistes et qui forment aussi les métrologues. Le tableau n'indique que les formations, principalement universitaires, centrées et spécialisées sur la métrologie.

La métrologie est ainsi une activité très pointue et peu connue. Les métrologues peuvent travailler en interne dans une entreprise ou chez un prestataire de service spécialisé sur la gestion externalisée des instruments de mesure. Si l'activité métrologique est bien définie et délimitée, elle peut cependant, notamment dans les petites et moyennes entreprises, être associée pour un même professionnel à d'autres activités : qualité, maintenance, voire parfois QSE. Les tendances récentes de la fonction métrologique devraient inciter les métrologues à faire évoluer leur place en entreprise vers un rôle plus transversal, et plus souvent lié à l'amélioration continue. Dans cette optique, une sensibilisation des métrologues aux enjeux de la transition écologique et énergétique pourrait être intéressante, puisqu'ils auraient un rôle à jouer quant à la qualité, dimension importante pour la transition écologique. Cependant, pour une grande part, les tâches professionnelles des métrologues restent peu en lien avec des activités d'intérêt écologique ou environnemental.

2 Le métier d'instrumentiste

2.1 Les missions de l'instrumentiste : de la conception des boucles de régulation à leur mise en marche

L'instrumentiste est *« capable de concevoir, installer, programmer, régler, mettre en service, optimiser et maintenir »* des boucles de régulation (référentiel BTS CIRA, 2015 : 5). Il peut travailler dans des *« entreprises de toutes tailles concevant, réalisant ou exploitant des procédés de transformations physico-chimiques »* (référentiel BTS CIRA, 2015 : 5).

> « *Les instrumentistes sont des professionnels qui interviennent sur les automatismes en* process *continu : par exemple vous avez une pompe qui envoie un fluide dans un tuyau et donc on veut avoir un débit de passage de ce fluide constant ou pouvoir le faire varier à distance, on installe un automatisme qui permet de mesurer le débit dans ce tuyau. Une vanne automatique va agir sur le passage du fluide, le ralentir ou l'accélérer. L'instrumentiste est là pour régler le fonctionnement de ce* process*. Ce n'est pas un fonctionnement tout ou rien, c'est un fonctionnement continu.* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017)

Il faut bien différencier instrumentiste et automaticien : l'automaticien travaille de manière séquentielle avec un recours à la logique combinatoire par exemple ; il intervient dans l'industrie automobile en réglant notamment des robots : ce sont « *deux familles séparées, il se peut qu'un instrumentiste fasse aussi des interventions sur des automatismes séquentiels, mais c'est vraiment à la marge et inversement* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017).

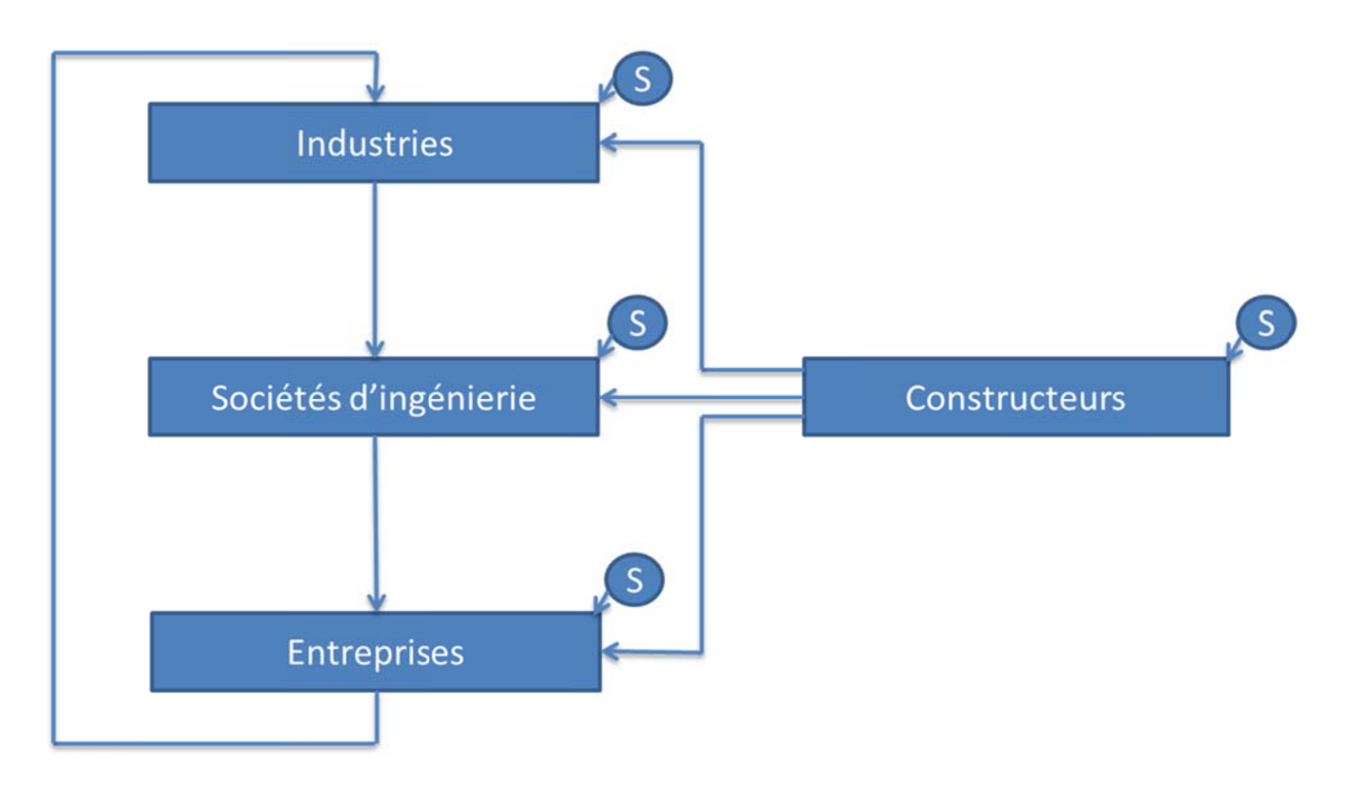
L'instrumentiste fait partie des professionnels de la mesure dans le sens où il mesure des paramètres, tandis que l'automaticien recourt à d'autres procédés, tels que la logique.

L'appellation « instrumentiste » est une dénomination générique qui désigne plusieurs niveaux hiérarchiques voire plusieurs fonctions : « *en bureau d'études, le terme instrumentiste est précédé des qualificatifs qui suivent : dessinateur, projeteur, chef de groupe, chef de projet, etc. ; sur chantier, (en phase de construction ou rénovation d'une boucle de régulation) le nom est associé à technicien, chef d'équipe, chef de chantier, superviseur, superintendant, etc. ; sur un site de production, il peut être précédé des mots : technicien, chef d'équipe ou de service. Cette liste n'est pas exhaustive* » (Entretien Directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015).

Enfin, l'instrumentiste peut travailler dans les entreprises utilisatrices de systèmes d'instrumentation-régulation (industriel), les entreprises réalisatrices de systèmes d'instrumentation-régulation (constructeur), les sociétés de services en instrumentation et les sociétés d'ingénierie, et les entreprises de réalisation et de maintenance (référentiel BTS CIRA, 2015 : 5).

Le schéma suivant illustre cette présence de l'instrumentiste de la conception des boucles de régulations à leur mise en marche et leur maintenance (source : entretien Daniel Ogna, directeur de la société d'instrumentation CIRA, juillet 2015).

Schéma 1 • Où travaillent les instrumentistes ?



Légende :
Industries : « Industries de *process* » dans le tableau ci-dessous
S : Sociétés de service en instrumentation (sous-traitance)

Industrie de process	Structure qui a pour finalité de transformer une matière première pour en faire une matière finie ou semi-finie
Sociétés d'ingénierie	Société en charge de concevoir les études pour formuler une proposition d'installation d'usine
Entreprises	En charge de la construction physique de l'usine. Spécialisées sur des compétences spécifiques (tuyauteries, instrumentation, électricité, etc.)
Constructeurs	Construisent et fournissent le matériel et les équipements

2.1.1 Un métier transversal qui doit dialoguer avec d'autres corps de métiers (électriciens, maintenance, etc.)

L'instrumentation est un métier se situant à l'interface de plusieurs activités. L'instrumentiste connaît parfaitement le fonctionnement des procédés et est amené à dialoguer avec tous les corps de métiers impliqués dans les *process* ou les installations. Ses compétences relationnelles sont essentielles, ainsi que le précise ce directeur d'une entreprise prestataire de services en instrumentation :

> *« Le comportemental dans nos métiers est extrêmement, extrêmement important. Il est important de générer ce système d'échanges. Si la personne ne sait pas poser la question, si la personne ne sait pas donner l'information, elle n'en recevra jamais. Le savoir-être est donc fondamental* […] *Je pense que le savoir être est d'autant plus important* [dans ce métier] *car c'est un métier transversal, les autres sont enclavés. L'électricien est enclavé, il est lié à un équipement, un matériel. Un électricien ne discutera que très rarement voire jamais avec les gens du génie civil. Un électricien ne discutera jamais avec les gens du* piping. […] *Alors que les instrumentistes, nous sommes en relation permanente avec la plupart des corps de métier avec pour obligation de nous adapter à leur monde. »* (Entretien Directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

Ce rôle d'interface est également prégnant dans les liens que l'instrumentiste peut entretenir avec les professionnels de la fabrication : « *moi lorsque je travaillais en chimie, en raffinage par exemple, j'étais tout le temps avec la fabrication à essayer de voir les endroits où il y avait un problème, pour essayer d'améliorer ces phénomènes-là. On les améliore par des réglages un peu particuliers.* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017)

> « *C'est un corps vivant quelque part un process, parce que là vous avez une partie du process qui est une boucle de régulation, mais vous en avez des centaines des boucles de régulation. Il se peut que celle-ci, du fait qu'elle a des pulsations importantes, va entraîner des perturbations et des pulsations à une autre partie de l'installation sans qu'on puisse voir directement le lien entre les deux. C'est pour ça qu'il y a un dialogue permanent entre l'instrumentiste et la fabrication. Et même quelque fois l'instrumentiste en arrive à avoir des raisonnements de fabrication plus judicieux que l'exploitant lui-même.* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017)

2.1.2 Une externalisation de l'activité d'instrumentation

Si l'on prend l'exemple de l'industrie pétrolière, la tendance était - jusqu'aux années 1990 - d'internaliser l'instrumentation au sein des industries. Depuis les années 1990, les industriels ont eu plutôt tendance à externaliser les services d'instrumentation :

> *« Et puis avec la guerre du Golfe ; les industriels se sont dit ce n'est pas notre métier de faire de la maintenance ou de l'installation. Il y en a d'autres ici* [les entreprises] *dont c'est la profession, et elles le feront aussi bien que nous et pour moins cher. Et c'est à partir de cette réflexion et période que les contrats de maintenance* [en instrumentation] *se sont mis en place. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

Dans d'autres spécialités industrielles, l'instrumentation est également souvent gérée par des prestataires :

> *« On fait intervenir une entreprise extérieure qui vient instrumenter une chaîne de production ; et puis après ça roule pendant 10/15 ans ; jusqu'à ce qu'il y ait un problème. Et on se rend compte qu'ils ont perdu toutes les documentations, plus rien, ils ne savent plus la faire fonctionner. Parce que ça se passe comme ça malheureusement – c'est la maladie de la sous-traitance. »* (Entretien responsable filière instrumentation universitaire, 2014).

2.1.3 Un métier défini principalement à partir d'un diplôme : le BTS CIRA

Les professionnels interrogés sont unanimes : l'identité de l'instrumentiste est définie à partir d'un diplôme clé : le BTS CIRA.

> *« Le métier d'instrumentation est dominé par un métier type, on va dire un métier clé qui est généré aujourd'hui par un diplôme qu'on appelle le BTS CIRA.* […] *Le métier type de l'instrumentiste, celui qui maîtrise le métier on va dire, de l'instrumentation, c'est le BTS CIRA.»* (Entretien délégué général adjoint, syndicat d'instrumentation, février 2014).

Ces professionnels évoquent une « identité » ou une « culture » CIRA forgée par une histoire commune :

> *« Enquêteur : Et comment vous définiriez l'identité professionnelle de l'instrumentiste ? Est-ce qu'il y a des savoir-faire spécifiques ?*
> *Enquêté : BTS CIRA ! D'ailleurs c'est assez amusant, mais ils se définissent surtout comme CIRA. Ce n'est pas anodin. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015).

Selon certains enquêtés, une forme d'esprit corporatiste serait caractéristique des sortants du BTS CIRA :

> *« J'ai été à l'époque vice-président des anciens élèves BTS CIRA* [du lycée Jules Haag] *de Besançon. Le BST CIRA a vu le jour dans les années 50 au lycée d'horlogerie de Besançon.* […] *Il y a deux personnes qui ont pris ça en main* […] *l'esprit de l'horlo, c'est quelqu'un de l'horlo qui a fait ça. On dit l'horlo. C'est assez amusant, mais un établissement qui est niveau bac +2, ce n'est pas un établissement extraordinaire - mais avec un esprit grande école. »* (Entretien Directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015).

Cette politique corporatiste se retrouve également dans le recrutement des diplômés :

> *« Enquêteur : Et vous ne recrutez que des BTS CIRA ?*
> *Enquêté : Que des BTS CIRA. On a essayé de recruter autre chose, il nous est arrivé de trouver des gens très bien. On a actuellement dans l'entreprise une seule personne qui n'est pas issue du BTS CIRA, une seule. »* (Entretien Directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015).

Les professionnels se sont par ailleurs fortement mobilisés lors du projet de rénovation du BTS CIRA en 2013, craignant la fusion du BTS CIRA dans un nouveau BTS « Industries de Procédés ».

Ainsi, un syndicat d'instrumentation réitère sa satisfaction face à l'existence et ou contenu de ce diplôme :

> *« Il n'y a ni un utilisateur, ni un adhérent qui m'appelle en disant : 'il y a un problème énorme dans la profession : les diplômes qui sont actuellement faits ne répondent pas du tout à notre attente, il y a un décalage. On attend des experts alors que vous nous envoyez sur le terrain des gens qui ne sont pas bien formés'. Non on n'a pas cette problématique-là. Le métier CIRA répond parfaitement aux attentes des industriels. Ceci dit, il faut anticiper les évolutions qu'il va y avoir ».* (Entretien délégué général adjoint, syndicat d'instrumentation, février 2014)

La spécificité du BTS CIRA, par rapport à d'autres diplômes, est, par ailleurs, sa vocation transverse :

> *« La particularité d'un BTS CIRA, si on prend le programme, c'est qu'il est plus transversal. Il a une vue transversale. Le BTS CIRA va avoir un point de vue en mécanique, et va avoir un point de vue sur la partie électrique.* […] *il va être au cœur de l'automatisme, il a une vue sur la partie informatique, sur le* process*. Il connaît parfois mieux le* process *que la personne qui le conduit. Il a donc vraiment une vue transversale sur la totalité des métiers. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

2.1.4 Des évolutions de l'activité vers une plus grande internalisation et polyvalence

Un chef d'une entreprise prestataire en instrumentation, formé au BTS CIRA, et ayant fait toute sa carrière en tant qu'instrumentiste salarié dans différents types d'organisations (sociétés d'ingénierie, « industries », « entreprises ») propose une vision prospective des évolutions en cours et à venir de l'instrumentation en France : il constate une plus grande internalisation des services instrumentation et une probable tendance à la formation d'équipes instrumentation mixtes, polyvalentes :

> *« Aujourd'hui, beaucoup d'industriels réintègrent petit à petit cette fonction* [instrumentation]*. Les prix pratiqués sur les contrats de maintenance sont au plus bas. La*

> *qualité est à son minimum, seul le niveau de sécurité des installations est maintenu. Ils sont dans une impasse. Donc beaucoup commencent à reprendre en main cette partie* [l'instrumentation] *et y retrouvent un intérêt. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

> *« Aujourd'hui on commence à parler de départements EI. C'est l'expression anglaise, Instrumentation/Electricité. Ça veut dire que le devenir des BTS CIRA, à un moment donné, dans ces départements… on va avoir besoin de personnes mixtes. C'est l'organisation qui est en train de changer. Ce n'est pas la technologie qui va amener une évolution du métier, mais c'est l'organisation qui va amener une évolution du métier. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

> *« Les sociétés qui vont rester sur le territoire français seront des unités plus petites, très pointues, avec des produits un peu pointus* […] *et là on va avoir besoin d'une équipe mixte, de personnes au fait de l'électricité, de l'instrumentation et des automatismes, qui vont tout cumuler. Un électricien ne sera jamais instrumentiste* […] *par contre un instrumentiste peut très bien faire le travail d'un électricien, sans problème. »* (Entretien directeur d'une entreprise d'instrumentation, juillet 2015)

Ainsi, si l'on en croit l'expert interviewé, le métier d'instrumentiste pourrait passer de la spécialisation sur l'instrumentation à un profil plus mixte instrumentation/électricien, évolution entraînée par la ré-internalisation de l'activité d'instrumentation. Par ailleurs, cette mixité du profil devrait se faire avec une première spécialisation professionnelle en instrumentation, en raison de la forte spécificité des compétences en instrumentation, difficiles à acquérir à partir de la simple formation d'électricien.

2.2 Les instrumentistes et les enjeux écologiques et énergétiques

Les instrumentistes ont une vision transverse des processus de fabrication dans l'industrie de *process*, comme nous l'avons montré *ci-avant*. Leur rôle d'interface est valorisé, et il leur est demandé des compétences relationnelles pointues. L'instrumentiste est, depuis plus longtemps que le métrologue, investi dans une position de dialogue avec d'autres corps de métier. Mais quel est son rôle dans la performance écologique et énergétique d'une unité de fabrication ? Tandis le métrologue peut parfois être lié aux services qualité, le cœur de l'activité de l'instrumentiste consiste à optimiser les procédés pour qu'ils consomment moins et éviter l'usure du matériel tout comme la diffusion de produits polluants sur le sol et dans l'air : l'instrumentiste est donc très souvent un acteur central de la performance énergétique et écologique des process, sans que cette donne soit pour autant valorisée en tant que telle dans les motifs de l'activité.

2.2.1 La participation des instrumentistes à l'amélioration continue des process

« Les instrumentistes, les enjeux écologiques, ce n'est pas ce qu'on leur demande, mais pourtant ils jouent quand même un rôle important » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017).

> « *Les instrumentistes, par rapport à ces questions-là, s'ils règlent correctement leur boucle de régulation, le rendement* [et donc la performance énergétique] *est amélioré. Si vous êtes en permanence en correction, déjà le produit il n'est pas terrible et vous dépensez de l'énergie* […]. *Le boulot de l'instrumentiste c'est d'arriver à régler les paramètres pour avoir des oscillations les plus faibles possibles pour être au plus juste de la qualité du produit et éviter ces embardées qui sont aussi consommatrices d'énergie. Et cela n'agit pas que sur le rendement, mais aussi sur la durée de vie du matériel.* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017)

> « *Et après vous avez aussi des effets sur la pollution. Si vous avez un défaut de mesure sur un capteur vous pouvez être amené à le déposer pour le remplacer ou alors à l'isoler du* process*, fermer, vider le produit, etc. avec, au-delà des risques d'explosion, de brûlure, d'incendie, le problème de produits tombés au sol et qui peuvent être polluants, en particulier en s'évaporant dans l'atmosphère* ». (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017).

Un instrumentiste performant peut donc également être considéré comme un instrumentiste « écoresponsable ». Toutefois, le plus souvent les arguments premiers sont économiques : bien travailler en tant qu'instrumentiste, c'est effectuer les bons réglages qui évitent les surcoûts à l'entreprise tout en permettant une fabrication de qualité. Un instrumentiste interrogé compare ce processus à celui qui a court dans le transport routier : les conducteurs sont formés à une conduite souple également dite « rationnelle » qui permet, en jouant sur la pédale de frein et d'accélérateur, d'économiser du carburant. Or, les émissions de CO2 sont directement corrélées à la consommation de carburant : plus on consomme, plus on émet de CO2 ; à l'inverse moins on consomme, moins on émet d'émissions.

Ce processus vertueux qui vient en appui des formations à l'éco-conduite, pourrait également être souligné dans l'activité des instrumentistes : sensibilisés à leur rôle dans la performance énergétique et écologique des *process*, ces professionnels pourraient devenir des relais, non plus simplement de la qualité ou du travail « bien fait » mais également de la performance énergétique et écologique.

2.2.2 Le rôle de l'instrumentiste dans la conception des boucles de régulations: une place qui permet de penser la performance énergétique

Les entreprises sont de plus en plus incitées à optimiser la performance énergétique de leurs installations[4] :
« En application de la directive 2012/27/UE du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique, une loi du 16 juillet 2013 oblige les grandes entreprises à réaliser, tous les 4 ans, un audit énergétique de leurs activités ».
Les entreprises concernées sont celles qui :
« - *soit emploient plus de 250 salariés*
- *soit réalisent un chiffre d'affaires hors taxe annuel de plus de 50 millions d'euros ou un total de bilan de plus de 43 millions d'euros »*

(service-public-pro.fr, le site officiel de l'administration française https ://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/actualites/006977)

[4] Pour cette partie, nous avons croisé entretiens avec des professionnels et consultation de la littérature professionnelle.

L'audit énergétique des grandes entreprises

« L'audit énergétique, réalisé par un auditeur interne ou externe, consiste en une analyse méthodique des flux et des consommations énergétiques d'un site, d'un bâtiment ou d'un organisme.
Il a pour objectif de permettre aux entreprises d'identifier les domaines ou secteurs dans lesquels des économies d'énergie sont possibles et de proposer des solutions d'amélioration.
La norme européenne NF EN 16247-1, qui peut servir de base à un cahier des charges, décrit le contenu d'une prestation d'audit énergétique, en détaille la méthodologie et en précise chaque étape : définition de l'objectif et du périmètre, profil de l'auditeur énergétique (compétences, objectivité…), modalités de la visite sur site, recueil des données, rapport, présentation des résultats… »

Source : service-public-pro.fr, le site officiel de l'administration française https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/actualites/006977

La mise en place de l'audit énergétique obligatoire contribue à rendre *« l'approche de l'efficacité énergétique* […] *plus systématique »* dans les industries (Moragues, 2015). Ainsi que le précise le magazine l'*Usine Nouvelle*, cette *« tendance* […] *va de pair avec la multiplication des 'responsables énergie' et le décollage de la norme* ISO 50001 *(système de management de l'énergie)* » (Moragues, 2015). Tous les acteurs concernés par la production peuvent agir pour la performance énergétique des procédés – instrumentistes compris, quel que soit son niveau d'intervention (supervision, personnel technique, etc.).

Cette performance énergétique doit être pensée avec la performance économique. Pierre Claudel, du Cetiat, précise, dans le magazine *Energie Plus* de l'Association Technique Energie Environnement (ATEE), que les audits énergétiques et les plans de comptages *« non seulement* [renseignent] *sur la quantité d'énergie consommée par unité de produits finis, mais ils donnent aussi des indications sur les imperfections du procédé (échangeur percé, vanne fermée, etc.) voire sur la qualité du travail des équipes postées sur un même* process *»* (Signoret, 2014).

Il importe donc que les instrumentistes travaillent de concert avec les auditeurs énergétiques, ou tout autre spécialiste du comptage énergétique dans l'entreprise. Il semble également essentiel qu'ils soient formés aux basics du comptage énergétique des *process*, à travers notamment des modules comme ceux proposés par l'APEE (Académie de la performance et de l'efficacité énergétique), comme celui détaillé dans l'encadré *infra*.

Un exemple de formation continue sur l'audit énergétique des procédés industriels

« Instrumentation et procédé industriel : les éléments de sortie pour l'audit énergétique

Public : Techniciens de maintenance, gestionnaire des équipements, ingénieurs conseil, ergonomes, architectes, ingénieurs industriels, économistes

Objectifs : Faire le suivi d'une opération de performance énergétique sur un site industriel
Analyser les mesures à travers les outils pratiques et les interpréter
Construire un plan d'action des voies et piloter la mise en œuvre et le suivi de ces actions

Durée : 3 jours soit 21 heures de formation »

Source : Académie de la performance et de l'efficacité énergétique.

Des exemples d'amélioration des procédés, liés à des plans de comptage en industrie, montrent que les instrumentistes peuvent tirer parti de ces mesures d'efficacité énergétique et ont intérêt à les intégrer à leur pratique professionnelle :

« *Une grosse usine pharmaceutique française* […] *a* [fait] *surveiller les performances des boucles fluides : eau surchauffée, eau glacée, eau thermostatée.* [L'ingénieur conseil] *a mesuré leur puissance instantanée grâce à des débitmètres à ultrasons et à des sondes de température*. […] *'Nous nous sommes aperçus qu'il était possible d'améliorer la boucle de récupération thermique. Pour cela il a fallu changer des échangeurs thermiques' décrit Julien Poulat* [directeur commercial dans une société de conseil en ingénierie]. » (Kim, 2014 : 24)
« L'amélioration du rendement des installations peut venir non seulement du remplacement des équipements peu efficaces, mais aussi d'une meilleure régulation des matériels en place » (Kim, 2014 : 24-25)

Ainsi, les plans de comptage doivent permettre, par leur généralisation, l'*« optimisation du process »* (Kim, 2014 : 25) – optimisation des procédés qui constitue une des tâches importantes de l'instrumentiste, à travers ses mesures et réglages.

Ainsi, les instrumentistes, sont ou seront concernés de près par les plans d'amélioration de l'efficacité énergétique. Des consignes pour l'optimisation des procédés et des installations pourront leur être données par les auditeurs ou ingénieurs conseils. Leurs compétences relationnelles, et leur rôle d'interface pourront faire des instrumentistes des interlocuteurs clés des professionnels de l'efficacité énergétique affectés aux tâches de conseils et de mesure de l'énergie. Les instrumentistes pourront par ailleurs être force de proposition, de par leur habitude et leurs savoir-faire dans l'amélioration continue des boucles de régulation. Leur capacité réflexive et leur vision transversale sera essentielle dans les échanges qu'ils pourront avoir avec les professionnels des audits énergétiques.

2.2.3 La ré-internalisation des activités d'instrumentation : quel impact sur le rôle des instrumentistes dans la performance écologique des entreprises ?

Un instrumentiste à la retraite interrogé trace l'évolution des services d'instrumentation, de l'externalisation à l'internalisation :

> « *Avec l'internalisation,* [les liens fabrication-instrumentation devraient se renforcer] : *moi j'intervenais en tant que personnel externalisé, mais en général sur des durées longues, plusieurs mois voire plusieurs années. Je suis resté plusieurs années sur le même poste dans la même entreprise, et cela permet d'avoir une connaissance beaucoup plus approfondie des process et d'avoir une intervention plus adaptée. Quelqu'un qui débarque et qui ne sait pas trop* [ne sera pas aussi performant] ; *sachant qu'on intervient sur un procédé en fonctionnement, « vivant ». On intervient vraiment sur le pilotage car lorsqu'on modifie un paramètre on peut mettre une usine par terre… sur une fausse manœuvre. Donc c'est quand même une responsabilité* » (Entretien instrumentiste à la retraite et ancien formateur AFPA en instrumentation et automatisme, mars 2017)

L'internalisation ou le travail sur un même poste pendant de longues années permet d'avoir une bonne connaissance des *process*, et de conseiller les professionnels chargés du processus de fabrication.

Ainsi, les instrumentistes pourront plus facilement assumer un rôle d'interlocuteur privilégié des audits énergétiques et de participation à l'amélioration continue des produits et des procédés dans le cadre d'une internalisation des activités d'instrumentation.

Si la tendance à l'internalisation des activités de maintenance en instrumentation se confirme, il importera de former les instrumentistes à des sujets aussi variés que : les grandes notions de QSE et de l'économie circulaire ; ou encore les bases de l'audit énergétique.
En effet, les formations ont évolué très récemment (décembre 2015 pour la rénovation du BTS CIRA) vers une plus grande prise en compte des enjeux écologiques et énergétiques. Toutefois, il reste à former les générations plus anciennes aux nouveautés induites par les dernières évolutions

réglementaires afin qu'ils prennent pleinement conscience de leur rôle transverse dans l'amélioration énergétique et écologique des procédés.

2.2.4 Des formations en pleine évolution

Des formations initiales qui se sensibilisent, d'autres en demande de conseils pour une meilleure intégration des enjeux écologiques et énergétiques

- La rénovation du BTS CIRA, quelles nouveautés ?

Nous avons procédé à une analyse de ce référentiel selon la méthodologie utilisée dans une autre étude réalisée pour le CGDD, sur les modalités de prise en compte du développement durable dans les référentiels de diplôme[5]. Si l'on compare le nouveau référentiel avec le précédent, daté de 1999, on constate une nette évolution dans la manière dont sont évoquées les missions de ces professionnels du contrôle et de l'instrumentation, dans la présentation générale du diplôme.

En effet, en 1999 aucune mention directe n'était faite à ce type de préoccupation - même si l'implication des diplômés dans l'amélioration continue était notable *via* leurs liens avec les services Qualité - comme le montre l'extrait suivant :

« Le technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique est un spécialiste des systèmes automatisés de production mis en œuvre dans les différentes industries. Il possède une formation technique, scientifique et humaine qui lui permet, dans le respect des codes, normes et règlements, de:

- participer à la conception, l'installation, la mise en service, la maintenance et à l'évolution des systèmes automatisés de production. Dans ce cadre, il est amené à proposer des solutions techniques relatives à ces systèmes, parmi lesquelles il doit faire un choix ;

- communiquer avec les représentants de l'ensemble des services et entreprises intervenant sur le site et notamment les spécialistes du processus de fabrication ;

- participer à l'organisation et à l'animation d'une équipe ;

- contribuer à la démarche "Qualité" de l'entreprise ;

- maîtriser et prévenir les différents risques liés à son activité. »

Dans la version 2015 du même diplôme, l'implication de plus en plus forte des professionnels dans les réflexions liées à la RSE et à l'optimisation énergétique est soulignée dans cette même présentation générale du métier et dans la définition du champ d'activité visé :

« Le technicien supérieur en Contrôle Industriel et Régulation Automatique (CIRA) exerce son métier dans des entreprises de toutes tailles concevant, réalisant ou exploitant des procédés de transformations physico-chimiques. C'est un spécialiste des systèmes d'instrumentation et de régulation capable de concevoir, installer, programmer, régler, mettre en service, optimiser et maintenir une installation ou un système piloté.
[…] *Focalisé sur le système de contrôle industriel et de régulation automatique, il intervient dans les activités suivantes du cycle de vie d'un processus industriel, en prenant en compte le contexte réglementaire et normatif et en intégrant les enjeux de compétitivité, de performance, de Responsabilité Sociétale d'Entreprise (RSE) et d'optimisation énergétique* :
[…]
Son expertise technique et sa polyvalence lui permettent de s'adapter aux évolutions technologiques et d'appréhender tout type de procédé, d'équipements et d'organisations […] *dont* :

---

[5] Voir étude publiée sur le site du MEDDE et du Céreq : http://www.cereq.fr/articles/Actualites-des-etudes/Traduire-la-transition-ecologique-dans-les-formations-professionnelles-une-etude-des-referentiels-de-diplomes ;

- *la sécurité et la sûreté des équipements, du procédé et de l'environnement deviennent une priorité de plus en plus forte*
- *l'amélioration de l'efficacité énergétique s'étend à l'instrumentation-régulation*
- *le développement des réseaux intelligents requiert de l'instrumentation-régulation.* […]

Le développement de nouvelles règlementations dans les industries de procédés pour préserver l'environnement, la santé et la sécurité génère de nouvelles fonctions de l'instrumentation-régulation au service de la prévention des émissions dans l'air, l'eau, les sols.
De nouveaux champs d'application de l'instrumentation-régulation apparaissent en lien avec de nouvelles règlementations et normes : traitement de l'eau, traitement des déchets, production nucléaire. »

Dans le référentiel d'activités professionnelles (RAP), l'énoncé des 5 fonctions (déclinées en activités) ne contient aucun des termes du registre du développement durable, à l'exception de la Fonction 5 (QHSSE) qui traite de la prévention des risques, y compris environnementaux, dans deux de ses 3 activités :

- *appliquer l'ensemble des règles QHSSE ;*
- *identifier et évaluer les risques QHSSE liés à la régulation- instrumentation ;*
- *contribuer à la prévention des risques QHSSE.*

Dans la Fonction 3 (Maintenance et amélioration des performances), néanmoins, on note la référence à la notion d'optimisation, dans l'intitulé de l'activité 4 :

- *préparer et réaliser les opérations d'optimisation et d'adaptation.*

Les 3 autres fonctions identifiées ne contiennent aucun terme des différents registres du développement durable, ni dans l'intitulé générique ni dans celui des activités que recouvre la fonction.

Néanmoins, lorsque de la description détaillée de chacune des activités, on trouve certains termes du lexique comme par exemple :
Pour la fonction 1-Ingénierie et conception : il est indiqué en regard de la tâche 4 de l'activité 1 (A1-T4 : *Rechercher les informations complémentaires : normes et standards spécifiques, acteurs concernés, documentation historique, règlementation applicable*) ; dans la rubrique « résultats attendus », que « *les contraintes réglementaires, normatives et environnementales sont listées.* »

Toujours dans cette fonction 1, dans l'activité 1.4 : (*Étudier l'implantation du matériel dans l'installation industrielle*), on trouve une tâche T2, qui consiste à « *Établir les schémas de montage en concertation avec les autres corps de métier, en prenant en compte les notions de prévention des risques lors de l'utilisation et des opérations de maintenance ultérieures* ».
Dans la fonction 3, l'activité 3.4 « *Préparer et réaliser les opérations d'optimisation et d'adaptation* », est déclinée en 4 tâches pour lesquelles il est indiqué que le professionnel doit disposer d'un certain nombre d'informations, dont : « *l'expression d'un besoin d'amélioration-optimisation issu des choix économiques, environnementaux et de sécurité* ».

Compte tenu de l'intitulé de la fonction 5 : *Qualité – Hygiène - Santé – Sécurité – Environnement (QHSSE*), on trouve à cet endroit du référentiel d'activité, des mentions nombreuses à la protection de l'environnement, et aux préoccupations environnementales, notamment dans l'introduction : « *Le technicien supérieur CIRA apporte son concours à la maîtrise de la qualité, à la prévention des risques professionnels et à la protection de l'environnement par ses interventions opérationnelles sur l'ensemble des équipements qui servent à assurer la maîtrise du procédé, la sécurité des biens et des personnes et la préservation de l'environnement*.[…]. »
Mais cela se traduit surtout par des références aux obligations réglementaires, comme cela est signalé dans la tache 4 *« Appliquer les règlementations environnementales et de sécurité industrielle*

concernant les instruments de mesure », constitutive de l'activité 1 *« Appliquer l'ensemble des règles QHSSE »*, ainsi que par de nombreuses références à l'évaluation des risques QHSSE ou leur prévention.

Dans le référentiel de compétences, les références au vocabulaire du développement durable sont moins présentes, à l'exception de la notion de « prévention des risques » qui figure dans l'intitulé de certaines compétences, notamment dans le descriptif de la 5e compétence (APP5), constitutive de la capacité à « *rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation, énoncer une problématique, définir des objectifs», qui traite de « l'appréhension des risques liés à l' environnement industriel », où il est attendu que le candidat sache « Identifier les risques liés à l' environnement et à la production. Identifier les risques liés à un système de régulation-instrumentation* ». En miroir on retrouve dans le descriptif de la capacité « *analyser* », une compétence (ANA7) renvoyant à l'évaluation et à la prévention des risques :
Les références au vocabulaire du développement durable est également très peu présent dans **la rubrique des savoirs associés** (numérotés de 1 à 6).

Dans le *S4. Physique - Chimie des procédés industriels*, qui est le domaine de savoir le plus développé dans ce diplôme, quelques rares mentions apparaissent ici ou là, comme :
Dans le champ des « *combustions* » une référence est faite à la nécessité de savoir *« Établir les bilans énergétiques des combustions »*.

Dans le champ des « *Réactions en solution aqueuse : acide/base et oxydoréduction* » il est mentionné que le candidat doit savoir « *Identifier les risques de toxicité et proposer une stratégie pour se protéger et protéger l'environnement »*

Dans le champ *« Analyse et traitement de l'eau* », les élèves doivent apprendre à *« Proposer une stratégie expérimentale pour évaluer la qualité d'une eau aux différentes étapes de son traitement » ou encore à « Décrire et expliquer le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées »*.

Dans le champ intitulé « *Machines thermiques* », mention est faite au fait d'apprendre à *« Évaluer le rendement ou le coefficient de performance d'une machine thermique en fonction des énergies échangées avec l'extérieur »*.

Dans *le S6. Qualité – Hygiène – Santé – Sécurité – Environnement (QHSSE*), on trouve naturellement des références à la prévention des risques regroupées dans les champs :
« *Analyse et prévention des risques* »
« *Règlementations et normes techniques* », au sein duquel on trouve une référence à la gestion des déchets (mais c'est la seule de tout le référentiel) : « *Respecter les consignes de tri des équipements CIRA en fin de vie, issues de la directive sur les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) »*.

Au total donc, l'infléchissement du rôle des professionnels du contrôle et de l'instrumentation, vers la prise en charge des préoccupations de développement durable, notamment *via* l'optimisation énergétique des procédés est assez modestement décliné dans les différentes parties du référentiel.

L'inspecteur en charge de ce diplôme insistait cependant sur le fait que la « *dimension de QHSSE apparaiss*[ait*] de manière significative dans un module d'enseignement spécifique* » (Entretien inspecteur Education Nationale, janvier 2016) – module dans lequel l'optimisation et l'amélioration continue des procédés est un « *fil d'Ariane* ». Cette amélioration continue *« devra se faire en fonction de la politique QHSSE* » et elle concerne autant l'énergie que les déchets par exemple. Le diplômé CIRA devra par ailleurs pleinement « *inscrire* [sa pratique professionnelle] *dans la politique QHSSE* » de son entreprise (Entretien inspecteur Education Nationale, janvier 2016).

Enfin, le module QHSSE a été inscrit à la demande des professionnels et écrit par eux, selon cet inspecteur. L'inspecteur en charge de ce diplôme insiste néanmoins sur l'impact incitatif fort du réglementaire dans l'implication des professionnels sur le sujet.

Enfin, un dernier élément important est la dimension réflexive que doit porter le diplôme, dans l'esprit de sa rénovation : l'épreuve pratique du BTS devra intégrer cette dimension réflexive en lien avec les questions QHSSE, d'optimisation et d'amélioration continue, de gestion des déchets etc. Le stage en entreprise sera également pensé « *au crible de la QHSSE* » (entretien inspecteur Education nationale, janvier 2016).
Si cet inspecteur insiste sur la sensibilisation des grands groupes aux enjeux énergétiques et écologiques, il est plus circonspect quant à l'implication des PME sur ces sujets. Par ailleurs, il exprime une inquiétude quant à la faisabilité de l'intégration, dans les stages des étudiants du BTS CIRA, de la dimension QHSSE. Cependant, il est confiant sur le fait que cette dimension prendra toute son importance dans les années à venir. Les premiers sortants du BTS CIRA rénové seront ainsi les « pilotes » de cette rénovation (Entretien inspecteur Education Nationale, janvier 2016).

- Des formations universitaires en demande

Les responsables de certaines formations universitaires (filière « instrumentation » comprenant une licence et un master spécialisé professionnels) se sont mobilisées pour intégrer les enjeux du *« développement durable »* (entretien directeur adjoint d'une filière instrumentation à l'Université, 2014) dans les formations en instrumentation :

> *« On a un comité de pilotage industriel des industries de la région. L'année dernière, je leur ai posé la question* [de l'intégration] *du développement durable dans la filière* [de formation] *et je leur ai posé* [cette question] *: 'Qu'est-ce que vous attendez ?' Et ça a été plutôt l'inverse, c'est-à-dire qu'ils m'ont dit 'Proposez-nous des choses'. Donc on en est là avec les industriels »* (Entretien directeur adjoint d'une filière instrumentation à l'Université, 2014).

Ces enseignants-chercheurs sont démunis face à l'intégration de nouveaux enjeux ou de nouvelles problématiques liées à ce qu'ils nomment le « développement durable » dans l'instrumentation. Lorsque des propositions, comme la prise en compte de l'efficacité énergétique, sont évoquées par l'intervieweur, ils sont intéressés – soulignant toutefois que cette prise en compte reste encore marginale en entreprise dans les activités des instrumentistes :

> « *Performances énergétiques* […]. *C'est une bonne idée. Il faudrait trouver des intervenants pour en parler, mais c'est vrai que je n'ai jamais vu la prise en compte réellement de la consommation énergétique de ce qui était installé. C'est rarement pris en compte.* » (Entretien directeur adjoint d'une filière instrumentation à l'Université, 2014).

Les entreprises interrogées par ces enseignants-chercheurs sont des industries chimiques, des entreprises du nucléaire, des prestataires de service en instrumentation et des organismes de recherche appliquée.

Cette formation, tout comme l'Ecole des Mines de Douai, a mis en place une démarche développement durable dans la filière de formation : tri du papier, consommation des encres, attention au chauffage et à la fermeture des portes, etc. Des conférences de sensibilisation sont organisées ; mais « *après* […] *il faut rentrer dans la phase enseignement, donc là c'est plus compliqué* » (Entretien directeur adjoint d'une filière instrumentation à l'Université, 2014).

Tableau 2 ● présentant des exemples de formations universitaires à l'instrumentation

Niveaux	Intitulés des formations
I	MASTER professionnel sciences et technologies Mention mesures, instrumentation, procédés : MIP Spécialité Instrumentation Mesures Qualité : IMQ
I	MASTER Sciences, technologie, santé - mention : instrumentation et sciences de l'information et des communications– spécialité: ingénierie en instrumentation industrielle (3I).
I	Master professionnel et recherche Sciences, Technologies, Santé, Mention Physique, Mécanique, Spécialité Physique des capteurs et instrumentation
I	Master professionnel sciences et technologies Mention mesures, instrumentation, procédés Spécialité Production - Maintenance : PM
II	Licence Professionnelle Automatique et informatique industrielle Spécialité instrumentation et réseaux
II	Licence Professionnelle Automatique et informatique industrielle option réseaux et instrumentation intelligente pour les systèmes automatisés
II	Licence Professionnelle Domaine : Sciences Technologies Santé Mention : Gestion de la Production Industrielle Spécialité : Capteurs, Instrumentation et Métrologie
II	Licence Professionnelle Gestion de la Production Industrielle Spécialité : Maintenance des Automatismes et de l'Instrumentation Industriels Domaine : Sciences, Technologies, Santé
II	Licence Professionnelle Gestion de la production industrielle Spécialité : Métiers de la mesure, de l'instrumentation et du contrôle Domaine : Sciences, technologies, santé
II	Licence Professionnelle Gestion de la production industrielle spécialité Métiers de la mesure, de l'instrumentation et des contrôles
II	Licence Professionnelle Licence professionnelle Électricité et Électronique Spécialité : Capteurs, Instrumentation, Mesures et Essais
II	Licence Professionnelle Maintenance des systèmes pluri-techniques option instrumentation et tests en environnement complexe
II	Licence Professionnelle Production Industrielle, spécialité Automatisation, Instrumentation et Conduite de Procédés
II	Licence Professionnelle Protection de l'environnement spécialité Instrumentation environnementale
II	Licence Professionnelle Transformations industrielles spécialité Élaboration des matériaux, instrumentation et process

L'instrumentiste exerce, contrairement au métrologue, un métier alimenté essentiellement par une formation : le BTS CIRA. La relation formation-emploi dans cette activité professionnelle est donc relativement nette. Elle entraîne une forme d'esprit corporatiste, qui permet de conserver une certaine qualité de prestation et une réactivité du monde professionnel pour faire évoluer les formations. Ces professionnels, notamment la société CIRA, se sont fortement mobilisés pour conserver la forme du BTS lors de la dernière rénovation en 2015 et ses orientations en y intégrant en filigrane les enjeux de performance énergétique. A ce propos, des doutes se font cependant jour sur la faisabilité de l'application de certains modules (en particulier QHSSE) dans les stages des étudiants. En effet, si les instrumentistes sont depuis toujours impliqués dans la performance écologique et énergétique des *process*, cette dimension leur est méconnue. Il importera donc de sensibiliser en formation initiale à cette mise à jour de leur potentiel rôle dans la performance énergétique et écologique, tout en développant des formations continues du même type permettant de sensibiliser également les générations plus âgées, ancrées dans une vision différente de leur activité.

3 Les métiers « de l'analyse » ou de laboratoire

Les métiers de l'analyse désignent ici essentiellement les métiers de laboratoire chimique et biochimique (environnement, santé, agroalimentaire). Ils sont à différencier des laboratoires de métrologie étudiés dans la partie 3. L'exemple analysé dans le cadre de cette partie est celui de la **mesure environnementale.**

Les **métiers de laboratoires environnementaux** ont été exposés à une forte déstructuration du secteur, liée à la libéralisation du marché des laboratoires. Les entreprises sont essentiellement des prestataires de service. On observe en outre une spécialisation des tâches des professionnels : chacun est de plus en plus dédié à une phase précise de la chaîne de l'analyse, ce qui empêche une vue d'ensemble du processus de mesure.

Par ailleurs, des innovations technologiques apparaissent et vont, dans un futur proche, impacter les métiers.

Un besoin de formation sur le segment de l'échantillonnage a été signalé, **en particulier pour les échantillons liés à l'eau**. En effet, alors qu'il était considéré comme une tâche élémentaire ne nécessitant pas de compétence particulière, on se rend compte aujourd'hui de la centralité d'un prélèvement de qualité pour une bonne analyse. Des formations sont donc nécessaires pour améliorer les compétences des préleveurs (autre manière de désigner les échantillonneurs). Des formations continues ont d'ailleurs été mises en place récemment sur ce segment de la chaîne de l'analyse (l'échantillonnage). S'il existe un titre professionnel Technicien de laboratoire du ministère de l'Emploi qui intègre les activités de prélèvement, celui-ci reste encore peu connu.

3.1 La chaîne analytique

Ce que nous avons nommé les métiers de laboratoire – ou encore « les métiers de l'analyse » - sont couverts par le terme « laborantin » (laborantin/laborantine chimie environnement en industrie ; laborantin/laborantine d'analyses médicales ou encore technicien/technicienne chimiste ; technicien/technicienne d'analyses biomédicales).

Toutefois, il existe, dans certaines spécialités de mesure (eau, agroalimentaire) une spécialisation professionnelle en fonction des segments de la chaîne analytique.

> *«* […] *Il y a trois phases : ce qu'on appelle le pré-analytique, l'analytique et le post-analytique. L'analytique c'est clair que c'est dans le laboratoire. Le post-analytique c'est la remise du résultat et éventuellement les conseils que l'on peut apporter autour des résultats de mesure, notamment en termes d'épuration, en termes de traitement ou des choses comme ça. Et le pré-analytique c'est vraiment le prélèvement et la préparation d'échantillons. »* (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014).

Ainsi, des professionnels différents peuvent être affectés sur la phase pré-analytique (échantillonneurs, préleveurs) et sur la phase analytique et post-analytique (laborantins).

3.2 Une concentration des laboratoires qui impacte les métiers

3.2.1 Une plus grande spécialisation des tâches qui empêche d'avoir une vision globale de la chaîne de l'analyse

Le paysage structurel des **laboratoires d'analyses environnementales** a fortement évolué ces dix dernières années avec un effet de concentration des laboratoires. Ces mutations structurelles ont des effets sur les tâches et les profils des techniciens de laboratoires : ils deviennent monopostes, se

spécialisent sur un segment de l'analyse et n'ont, selon certains professionnels, plus de vision globale de la chaîne d'analyse. Il s'agit ainsi ici d'une hyperspécialisation du métier.

> « [Il y a des effets de] *concentration très importante de laboratoires.* […] *Cette concentration s'est axée sur des laboratoires qui existaient déjà, mais* […] *avec à la clé des disparitions de laboratoires en grand nombre.* » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014)
>
> « *C'est vrai que le schéma de la profession des intervenants sur l'analyse de l'environnement a changé fortement depuis 10 ans.* […] *L'objectif c'est* […] *vraiment abattre les analyses à un rythme élevé.* » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014)
>
> « *Au niveau des mesures analytiques, notamment au niveau laboratoire de routine, c'est un petit peu la guerre des prix. Et du coup, ils sont passés sur des politiques très, très agressives de réduction des coûts*. » (Entretien technicien de laboratoire, organisme d'étude et de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)
>
> « [Cette guerre des prix fait] *qu'il y a des spécialisations de chaque métier au niveau analytique. Donc préparation d'échantillons, analyse, traitement des données, des choses comme ça*. » (Entretien technicien de laboratoire, organisme de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)

La dynamique nouvelle de très grande spécialisation des techniciens de laboratoires affectés à la chaîne d'analyse (préparation des échantillons, analyse, traitement des données) pose, selon les professionnels, des difficultés spécifiques, en termes de maîtrise du processus de mesure dans sa globalité.

> « *Aujourd'hui pour les techniciens par exemple ; ils avaient un travail sur toute la chaîne de mesure. C'est-à-dire qu'ils faisaient de l'extraction, ils faisaient de l'analyse, ils faisaient de la production des résultats. Et souvent c'était, comment dire… un technicien pouvait suivre toute la filière analytique. Bon aujourd'hui c'est plus du tout le cas. Souvent les techniciens sont monopostes et ils font toute la journée de l'extraction. Et du coup ils ne savent pas ce qu'il se passe avant, ils ne savent pas ce qu'il se passe après* […] *et donc ils ne voient pas les sources d'erreurs qui peuvent se produire au moment des analyses*. » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014)

3.2.2 Un turn over important de la main d'œuvre

Ces mutations structurelles des **laboratoires d'analyse environnementale** s'accompagnent d'un fort *turn over* dans la profession : *« On sait qu'il y a pas mal de turn over en ce moment »* (Entretien technicien de laboratoire, organisme de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014).

Ce *turn over*, associé à une forme de nouvelle division du travail dans l'analyse, se met en place, selon certains professionnels, parallèlement à une demande de formation et d'expérience moins poussée de la part des recruteurs :

> « *Et aussi au niveau salarial… les gens qui sont embauchés apparemment n'ont pas forcément…* […] *ont une formation initiale, et puis bon, je pense que ça s'arrête là.* » (Entretien technicien de laboratoire, organisme de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)

3.3 L'échantillonnage : une spécialité en pleine évolution

L'échantillonnage, **en particulier l'échantillonnage de l'eau**, est un segment de la chaîne analytique en pleine évolution. De nombreuses questions émergent quant à la représentativité de l'échantillon et à la nécessité de mieux former les préleveurs. Des centres comme l'INERIS sont mobilisés pour la production de fiches techniques et de guides de recommandations sur cette étape de l'analyse. Des

offreurs de formation continue comme le BRGM et l'AFNOR proposent également des formations sur ce segment de l'analyse.
Enfin de nouvelles technologies apparaissent qui peuvent ou pourront, dans un futur proche, faire évoluer les pratiques professionnelles – ces nouvelles technologies seront présentées dans la partie 5.4.

3.3.1 Une spécialisation des méthodes d'échantillonnage en fonction des milieux (air, eau, sols)

Alors que l'on pensait que le prélèvement était une activité relativement simple, les dernières études ont montré la complexité du pré-analytique. Non seulement une attention est nécessaire pour éviter la contamination des échantillons, mais les méthodes d'échantillonnage diffèrent selon les milieux (eau, air ou sols) – contrairement à la phase analytique.

> *« On a eu une demande il y a deux ou trois ans, je crois que c'est en 2011, des allemands qui souhaitaient avoir un regroupement* […] *de tous les comités techniques de normalisation sur les méthodes de mesure environnementale quel que soit le milieu.* […] *C'est-à-dire qu'on faisait la même méthode pour l'eau, pour les sols, pour les déchets, même pour l'agroalimentaire. Et ça, ça posait un problème énorme en France parce que quand on a analysé la proposition on s'est aperçu que si la méthode de mesure en tant que telle pouvait être mutualisée sur les différents milieux, c'est-à-dire qu'en laboratoire on va utiliser le même processus de mesure, par contre l'échantillonnage avait son importance.* […] *ça dépendait énormément du contexte, du milieu. »* (Entretien responsable développement et responsabilité sociale, association de normalisation, janvier 2014)

3.3.2 Peu de formations initiales spécialisées dans le prélèvement

Des besoins de formation des préleveurs apparaissent en raison de l'identification récente de la complexité de la phase du pré-analytique :

> « *On pensait que c'était la partie la plus facile, alors qu'on* [en] *est revenu beaucoup. On s'est questionné sur la représentativité de l'échantillon. Il y a aussi un niveau trace, très souvent pour beaucoup de micropolluants, la contamination de l'échantillon c'est très grave. Donc c'est devenu de plus en plus important de contrôler cette phase de l'échantillonnage pour garantir qu'après ce qu'on mesure…* [soit juste] » (Entretien responsable projet et laborantin, centre d'études et de recherche sur les nouvelles méthodes de mesure, février 2014)
>
> *« Où il pourrait peut-être y avoir un besoin* [en termes de formation]*, c'est au niveau du prélèvement.* […] *Actuellement il y a une accréditation qui se met en place sur cette partie-là* [l'échantillonnage]. *Et en plus sur cette partie prélèvement, il y a aussi des réflexions qui sont en cours sur la représentativité de ce qu'est un prélèvement.* […] *Et donc il y a beaucoup d'interrogations actuellement sur cette phase de l'analyse qu'est le pré-analytique.* » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014).
>
> « *Au niveau de l'échantillonnage* […], *je ne pense pas qu'il y ait des filières* [de formation initiale] *encore très, très développées, justement.* » (Entretien responsable projet et laborantin, centre d'études et de recherche sur les nouvelles méthodes de mesure, février 2014)

En termes de formation continue, les besoins semblent couverts, en particulier par le BRGM et l'AFNOR. Toutefois, il pourrait être intéressant d'intégrer les nouvelles compétences demandées aux préleveurs, **notamment pour l'eau**, dans les formations initiales de type bac+2 ou bac+3.

Par ailleurs, un titre professionnel du ministère du Travail de Technicien de Laboratoire (niveau IV) comprend un bloc de compétence « Prélever un échantillon et le conditionner ». Celui-ci pourrait être utilisé dans le cadre de la formation continue des préleveurs, à la condition que les entreprises le souhaitent.

L'évolution de la formation continue et initiale des préleveurs et des laborantins devra par ailleurs intégrer les implications en termes de besoins en compétences des innovations technologiques présentes ou à venir. En effet, celles-ci sont amenées à modifier le paysage de l'analyse (et particulièrement de l'échantillonnage) (cf. partie 5.4) :

> « *Je ne suis pas sûr que ce soit très concret en termes de métier et d'emplois, mais je suis à peu près certain que ça va le devenir, et surtout qu'il y a des nouvelles techniques qui émergent et qui sont liées à ça* [l'échantillonnage]. » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014).

Une analyse des offres d'emploi montre que les formations initiales demandées pour être préleveur (préleveur/préleveuse d'eau ; préleveur/préleveuse en laboratoire d'analyse industrielle) sont souvent de niveau bac+2, liées à la spécificité du prélèvement (eau ou agro-alimentaire par exemple) ou très généralistes (biologie).

Offre d'emploi de préleveur/préleveuse d'eau

« Description de l'offre : prélèvement d'eau sur différents sites du département 26 + réalisation d'analyses in-situ.

A partir d'un planning journalier, vous effectuer des prélèvements d'eau sur différents sites avant leur analyse en laboratoire.

Préparation du matériel de prélèvement, organisation des tournées. Traçabilité des échantillons puis expédition au laboratoire pour analyse.

Bonne connaissance de la région pour optimisation des tournées.

Départ des tournées chaque matin depuis le département 26, habiter le secteur est donc recommandé.

Formation : Niveau Bac+2 ou équivalent exigé ; domaine : environnement aménagement ; Diplôme demandé : BTS GEMEAU ou BAC+2 métiers de l'eau. »

Source : Pôle emploi ; candidat.pole-emploi.fr

Offre d'emploi préleveur/préleveuse d'eau

« Description de l'offre : Vous travaillerez sous la responsabilité de la planification.

Vous réaliserez des interventions en clientèle (professionnels essentiellement) pour réaliser les prélèvements d'échantillons agro-alimentaires et d'eau en vue de leur analyse dans nos laboratoires (expédition par transporteurs privés)

Poste itinérant en Ile-de-France et ¼ Nord-Est de la France, dans ce cadre un permis B est demandé.

Véhicule de service, téléphone portable, nuitées extérieures à prévoir.

Formation : Niveau Bac+2 ou équivalent souhaité ; domaine : biologie
Niveau Bac+2 ou équivalent souhaité ; domaine : labo analyse agroalimentaire »

Source : Pôle emploi ; candidat.pole-emploi.fr

3.4 Des innovations technologiques qui demandent des nouvelles compétences

Des innovations technologiques apparaissent, liées en particulier au segment « échantillonnage » de la chaîne de l'analyse - comme certains capteurs innovants ou encore les échantillonneurs passifs. Elles pourraient avoir un effet sur les tâches et les compétences professionnelles demandées aux préleveurs et aux laborantins.

3.4.1 La recherche sur les capteurs

Le Pôle de compétitivité DREAM – Durabilité de la Ressource en Eau Associée aux Milieux – basé à Orléans est impliqué dans la recherche sur des capteurs innovants pour la mesure des polluants dans l'eau.

Ce pôle se propose de soutenir une filière régionale de la métrologie environnementale. Il s'attache, entre autres innovations, à *« développer des capteurs électrochimiques innovants permettant la détection de micropolluants dans les eaux »* (DREAM, Plaquette de présentation). Par ailleurs, dans le cadre du projet CIRME, le Pôle DREAM est impliqué dans *« un projet de création et de pré-industrialisation d'un nouveau capteur pour la détection continue des polluants émergents dans les eaux naturelles et les rejets »* (DREAM, Plaquette de présentation).

Selon certains professionnels, ces innovations pourraient modifier le paysage professionnel de l'analyse :

> *« Dans ces Pôles de compétitivité, qui ont pour vocation de réunir différents acteurs* […]*, un des principaux axes* […] *c'est le développement de capteurs. Donc les capteurs, c'est mettre des sortes de sondes dans l'eau pour avoir un résultat immédiat.* […] *Il y a énormément d'intérêt dans ce domaine, parce qu'à terme, si cette technologie devient mature, ça permettra de réduire énormément les coûts de surveillance. Pour l'instant ça coûte très cher, entre échantillonner, ramener l'échantillon au laboratoire. Tout ça c'est un coût très important. »* (Entretien technicien de laboratoire, organisme d'étude et de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)

Le développement de capteurs innovants par le Pôle DREAM, permettant une lecture instantanée des résultats, aurait ainsi très probablement un effet sur les compétences des préleveurs, qui verraient leurs tâches se complexifier.

3.4.2 Les échantillonneurs passifs

Les échantillonneurs passifs correspondent à une innovation plus avancée en termes de mise sur le marché.

> *« Dans l'échantillonnage traditionnel, on prend un échantillon un jour, telle heure, tel jour on prélève.* […] *L'échantillonnage passif c'est différent. On a des supports, donc généralement ce sont des supports solides, des absorbants. Des supports qui vont capter les polluants. Donc ces supports on les plonge directement dans l'eau, pendant une certaine durée de temps.* […] *Et les micropolluants vont venir s'accumuler en fait.* […] *Et donc à la fin de l'échantillonnage, au bout d'une semaine, trois semaines, on récupère ce support et on met un petit peu de solvant dessus, on arrive à récupérer les polluants qui étaient captés sur ces supports et on les analyse. »* (Entretien technicien de laboratoire, organisme d'étude et de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)
>
> *« Donc les échantillonneurs passifs… alors ça se présente par exemple sous la forme de disques, ce sont des disques qu'on va aller mettre dans l'eau à un endroit de la rivière bon qu'il faut choisir d'une manière assez précise et avec une méthodologie assez précise. Donc on l'immerge, on fait en sorte qu'il ne se sauve pas avec le courant et on vient le rechercher un mois après. Et en fait ce qu'on va faire c'est l'analyser. C'est plus* [sur] *l'eau, mais à mon avis*

ça c'est quelque chose qui va, dans les dix ans qui viennent, un petit peu révolutionner les pratiques des laboratoires. » (Entretien directeur d'une association de laboratoires d'analyse environnementale, janvier 2014)

Les préleveurs devront donc être formés de manière assez précise sur cette nouvelle méthode d'échantillonnage : *« il faudra être bien formé, notamment au niveau de l'échantillonnage »* (Entretien technicien de laboratoire, organisme d'étude et de recherche et de formation en méthodes d'analyses, février 2014)

Tableau 3 ● présentant des exemples de formations pour les métiers du laboratoire (environnement, santé, agroalimentaire)

Niveaux	Intitulés des formations
I	Master Sciences, Technologies, Santé mention : Chimie, Contrôle, Protection de l'environnement spécialité : Biomolécules, catalyse et environnement
I	Master mention Chimie Protection de l'Environnement Spécialité Analyse Chimique et Procédés de Valorisation Non Alimentaire des Productions Agricoles et Forestières
II	Assistant ingénieur en biologie-biochimie-biotechnologies
II	Licence Professionnelle "Industries Chimiques et Pharmaceutiques" Spécialité Analyse Chimique et Contrôle des Matériaux
II	Licence Professionnelle Biotechnologies spécialité Techniques diagnostiques spécialisées en biologie médicale
II	Licence Professionnelle Biotechnologies option microbiologie dans les industries agro-alimentaires
II	Licence Professionnelle Industrie agro-alimentaire et alimentation Spécialité Qualité des aliments et de l'environnement
II	Licence Professionnelle Industries chimiques et pharmaceutiques option méthodes physico-chimiques d'analyse
II	Licence Professionnelle Santé "Biologie Analytique et Expérimentale"
II	Licence professionnelle Protection de l'environnement spécialité Mesure de la qualité des milieux : Air, Eaux, Sols
II	Licence professionnelle domaine Sciences, Technologies, Santé Industries chimiques et pharmaceutiques spécialité Analyse chimique
II	Licence Professionnelle Mention Chimie analytique, contrôle, qualité, environnement
II	Licence Professionnelle Production industrielle et analyse en chimie et agro-alimentaire
III	BTSA ANABIOTEC Analyses agricoles, biologiques et biotechnologiques

Le domaine de la métrologie environnementale a beaucoup évolué ces dernières années avec une recomposition du paysage professionnel. Des dynamiques de regroupement des laboratoires et d'hyperspécialisation sont notables. Dans ce contexte de mutation économique, des innovations technologiques sont en cours dans la première phase de la chaîne de l'analyse : l'échantillonnage. Le développement de capteurs innovants permettant une lecture instantanée des résultats, aura probablement un effet sur les compétences des préleveurs, qui verraient leurs tâches se complexifier. Les échantillonneurs passifs correspondent à une innovation plus avancée en termes de mise sur le marché. Les préleveurs devront donc être formés de manière assez précise sur cette nouvelle méthode d'échantillonnage.

4 Chez les équipementiers…

Il est intéressant de constater que les professionnels travaillant chez les équipementiers (des technologies de mesure) au niveau de la vente, des métiers de la qualité, de la supervision de la fabrication et du marketing ont généralement une formation technique de type bac+2 (souvent le BTS CIRA). Ces professionnels travaillant chez les équipementiers sont en effet en interaction constante avec les instrumentistes et les métrologues. Ils doivent prendre en compte leurs besoins en matière d'instrumentation, tant dans la conception des instruments que dans leur amélioration. Il est ainsi important qu'ils participent de la même logique professionnelle. Or, ces équipementiers semblent se sensibiliser aux enjeux d'écoconception, de performance énergétique de leurs produits, d'intégration dès la conception des enjeux de recyclage, etc. Ils fournissent, comme il a été montré en partie 3 de cette étude, aux professionnels de la mesure (métrologues en particulier) des indications (fiches techniques) sur la manière d'utiliser au mieux les technologies de mesure pour prendre en compte leur impact environnemental et écologique. L'étude a montré que c'est un des biais de sensibilisation possible des métrologues à la notion de performance écologique de leur activité.

4.1 Une formation technique niveau bac+2 qui permet d'évoluer vers la qualité, la vente et le SAV chez les équipementiers

Les professionnels travaillant chez les équipementiers ont, pour la plupart, une formation technique à partir de laquelle ils ont évolué :

> *« On a des métiers un peu différenciés. On peut aller de la technique au marketing ou au commercial ; comme moi je l'ai fait par exemple. Souvent on est d'origine technique, on était, maintenant ça a peut-être changé, mais on était d'origine technique et puis après au fur et à mesure on évoluait vers d'autres postes soit en qualité, soit en fabrication, soit en marketing, soit en commercial. On quittait un peu la fonction technique pure pour valoriser cette compétence technique sur d'autres domaines. »* (Entretien équipementier, directeur commercial et directeur qualité, février 2014)

Sur la partie SAV, les professionnels sont souvent formés à partir du BTS CIRA :

> « *Ensuite il y a les gens qui sont plus sur la partie SAV (service après-vente) terrain par exemple. Ce sont des gens qui sont typiquement BTS CIRA qu'on recrute. BTS CIRA qui sont assez adaptés et après il y a la personnalité de chacun mais les recruteurs sont faits pour ça. Donc là, ils sont assez adaptés.* » (Entretien équipementier, responsable qualité et HSE, février 2014)

Les technico-commerciaux auront une formation complémentaire en vente, et également parfois une forme de « culture développement durable et énergie » en fonction de la spécialité de l'instrument de mesure vendu :

> *« Donc les métiers, il y a les technico-commerciaux qui vendent des produits. Les formations de base, puisqu'on a un métier qui est très technique, c'est souvent des gens qui ont d'abord une formation technique avant d'avoir une formation commerciale. Un bac+2 technique le plus souvent. A l'époque on savait en fonction des nouveaux entrants ; maintenant on a aussi des ingé mais on avait souvent des DUT qui étaient entrés dans un poste ou un autre et qui ensuite évoluaient dans l'entreprise vers un poste à vocation plutôt commerciale. Ce sont souvent des profils comme ça, des gens qui ont une formation de base technicien plus une spécialisation commerciale. Ce sont des profils très adaptés pour les technico-commerciaux.* » (Entretien équipementier, responsable qualité et HSE, février 2014)
>
> *« Pour la partie vente, il y a des choses, des savoir-faire en plus* [de la formation technique] *; des savoir et des savoir-faire : tout le côté culturel lié au développement durable et à l'efficacité énergétique. Et puis ensuite des savoir-faire des contrats particuliers de*

négociation, les chaînes de décision – selon que ce soit une affaire complètement privée, mixte ou purement publique. » (Entretien équipementier, Responsable groupe normalisation et ancien chargé du développement durable, février 2014)

Il est intéressant de noter que les équipementiers les plus en lien avec les instrumentistes et les métrologues industriels (vente et SAV) ont une formation très similaire aux utilisateurs des technologies de mesure (très souvent un BTS CIRA ou autre formation technique niveau bac+2). Grâce à une culture technique partagée, un dialogue pourrait ainsi s'installer facilement entre professionnels de la vente ou du SAV et instrumentistes ou métrologues en entreprise. Cette dimension est importante, car souvent, par le biais de l'écoconception, d'une attention au recyclage, les équipementiers sont plus sensibilisés aux enjeux énergétiques et de développement durable que les professionnels de la mesure en entreprise. Ils peuvent donc être des relais efficaces de sensibilisation à la transition écologique ou énergétique en industrie.

4.2 Le réglementaire et la performance économique poussent l'intégration des enjeux énergétiques et écologiques

4.2.1 L'éco-conception et l'automatisme : des enjeux centraux

Des réglementations comme les directives RoHS *(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment*) et WEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment)* incitent à mieux penser le recyclage, la gestion des déchets et l'utilisation de substances dangereuses dans la conception électronique.

« *La RoHS c'est pour tout ce qui touche aux composants électroniques. Il y a six substances qui pour l'instant sont identifiées comme* [dangereuses]. *On a changé tous nos procédés de fabrication pour la partie – ce qu'on appelle soudure : étain, plomb. »* (Entretien équipementier, responsable qualité et HSE, février 2014)

« *Après il y a la partie WEEE, ce sont les directives des déchets électroniques et électriques qui s'appliquent avant tout au grand public et qui aujourd'hui s'appliquent aussi progressivement selon les pays et selon l'application de la nouvelle directive et l'interprétation qui en est faite – s'appliqueront on va dire à quasiment tous les produits électriques y compris la partie mesure. Là-dessus l'impact, il est plus, pour nous notamment, sur la partie écoconception.* […] *Moi je suis un peu surpris, dans les diplômes aujourd'hui c'est un domaine qui n'est pas du tout évoqué dans les filières ingénieurs*. » (Entretien équipementier, responsable qualité et HSE, février 2014)

Parmi les entreprises qui font de l'écoconception un argument commercial de différenciation, on trouve par exemple les fabricants de technologies de mesure de l'efficacité énergétique. Ils insistent alors sur le fait que l'argument compétitif et de performance économique est au moins aussi important que l'impulsion réglementaire dans la mise en œuvre de l'écoconception. Ces équipementiers ne nient cependant pas l'importance du réglementaire dans la mise en place d'une telle politique industrielle.

4.2.2 L'importance de plus en plus grande des qualiticiens

La diffusion des enjeux de l'écoconception de la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie des produits, implique, comme il a été montré dans l'analyse des évolutions des métiers d'instrumentistes et de métrologues, un resserrement des liens entre la qualité et les métiers techniques.

« Moi je vais défendre un peu ma paroisse. Le métier qualité, les qualiticiens vont être importants. Parce que le métier qualité est en train de changer un petit peu. On a toujours eu l'impression que le responsable qualité c'était le flic dans la maison qui regardait si tout était fait comme prévu. Aujourd'hui la notion de qualité rentre dans les métiers mêmes. Comme je

disais tout à l'heure pour l'écoconception, la recherche de qualité de la meilleure conception, c'est-à-dire l'aspect qualité rentre dans la conception beaucoup plus qu'avant. Et je pense que là il y aura des choses à faire. Parce qu'aujourd'hui on embauche par exemple des jeunes ingénieurs en étude, ils sont très forts en communication ils sont très forts en électronique, dès lors qu'on commence à leur dire 'mais est-ce que tu connais les meilleurs composants, pourquoi as-tu pris ce composant-là plutôt qu'un autre, etc.' là tout de suite on voit que côté école, côté éducation il manque des trucs. » (Entretien équipementier, directeur commercial et directeur qualité, février 2014)

« [Dans l'enseignement dispensé en formation initiale] *C'est très théorique et justement ce côté pratique n'est souvent pas intégré. Et notre force réside au niveau de l'expérience aujourd'hui pour faire de la qualité »* (Entretien équipementier, directeur commercial et directeur qualité, février 2014)

Cette réflexion globale, sur l'écoconception des produits, se diffuse progressivement dans les industries, et elle a des implications sur la prise en compte de la performance énergétique des appareils, la réduction des emballages ou encore un moindre impact de la partie transport. Il faut toutefois rester prudent sur l'intégration par les équipementiers des enjeux environnementaux et énergétiques : cette dimension reste en effet principalement importante pour les entreprises impliquées dans les filières vertes, comme celles qui fabriquent des technologies de mesure de l'efficacité énergétique.

4.2.3 La réflexion sur le cycle de vie des produits incite à penser la performance énergétique et la réduction des emballages

Pour certaines technologies de mesure, comme celles qui sont liées à la performance énergétique, l'aspect consommation énergétique importe dès la conception. La réflexion globale sur l'écoconception impliquera parfois de penser la réduction du poids des appareils :

« Par exemple un impact flagrant est le poids de l'appareil. Le poids de l'appareil est très important parce que l'impact va être non plus dans la vie du produit, mais dans sa conception, ni dans sa fabrication, mais dans son transport. » (Entretien équipementier, directeur commercial et directeur qualité, février 2014)

Elle permettra également de réduire les emballages :

« *On s'est posé la question par exemple : pourquoi on met un emballage sur un* [appareil] *alors qu'il va être jeté dès l'installation. On peut très bien dire on n'a pas d'emballage, on les met dans des cartons qui sont en nid d'abeille et pas vraiment en emballage individuel.* » (Entretien équipementier, directeur commercial et directeur qualité, février 2014)

Les professionnels travaillant chez les équipementiers ont souvent une formation technique similaire à celle des professionnels usagers de ces instruments de mesure (souvent la formation CIRA). Cette culture commune favorise les échanges de bonnes pratiques et l'influence que pourront avoir les conceptions naissantes d'écoconception sur les utilisateurs de technologies de mesure. Même s'il faut rester prudents sur l'intégration centrale ou non de ces enjeux chez les industriels de la mesure, il importe de souligner que les équipementiers (en particulier les technico-commerciaux) peuvent représenter un biais important de sensibilisation des instrumentistes et métrologues aux enjeux énergétiques et écologiques.

5 Recommandations en matière de dispositif d'accompagnement à l'acquisition de nouvelles compétences et à l'adaptation de l'offre de formation

RECOMMANDATION N°1	Engager des actions de formation des formateurs
	- **Dans la cadre de la rénovation du BTS CIRA, proposer à l'Education nationale de se saisir des conclusions de l'étude pour illustrer auprès des enseignants de la filière**, l'importance présente et à venir des enjeux de la transition énergétique et écologique pour le métier d'instrumentiste. Des témoignages de professionnels pourraient être mobilisés et des entreprises pourraient accueillir des enseignants dans le cadre des stages CERPEP, organisés par le centre d'études et de ressources pour les professeurs de l'enseignement technique. La rénovation du BTS CIRA est basée sur une approche réflexive, inscrite dans les pratiques des professionnels, des questions de QHSSE : les enseignants du BTS CIRA pourront s'appuyer sur les exemples présentés dans le rapport. - **Organiser la diffusion des conclusions du rapport auprès des enseignants-chercheurs des formations supérieures en instrumentation et métrologie**, pour les sensibiliser au rôle que les professionnels ont à jouer pour accompagner la transition énergétique et écologique. - Organiser une/des journée(s) de présentation des travaux Céreq/CGDD en invitant les responsables des formations universitaires en instrumentation et métrologie [DUT et licences professionnelles] ainsi que les responsables de ces filières dans les écoles d'ingénieurs ; - Associer à cette journée des ateliers de prise en main réflexive des enjeux des transitions énergétiques et écologiques. - Organiser une initiative de même nature avec les formateurs de l'AFPA, préparant au titre de technicien supérieur Méthodes Produits Process, actualisé en 2014.

RECOMMANDATION N°2	Faire évoluer la formation continue des professionnels de la mesure
	- **Former tous les professionnels de la mesure et de l'instrumentation aux basics du comptage et de l'audit énergétique**, en développant l'offre de stage de formation continue existant dans ce domaine, pour permettre aux entreprises de faire face à leurs nouvelles obligations réglementaires en la matière. - **Accompagner la mobilité professionnelle des techniciens vers les fonctions d'encadrement par une formation aux notions d'écoconception et d'économie circulaire** pour une meilleure prise en compte des enjeux de la transition écologique. - Pour permettre aux techniciens expérimentés destinés à des fonctions d'encadrement, d'intégrer les notions d'écoconception et d'économie circulaire, et les amener à intégrer les objectifs de la transition énergétique et écologique dans les démarches d'optimisation, des modules de formation *ad hoc* devraient être imaginés par les entreprises, en s'appuyant sur les ressources des services de formation continue des universités.

RECOMMANDATION N°3	S'appuyer sur les associations de professionnels de la mesure et de l'instrumentation
	- Pour faire évoluer la culture professionnelle dans le sens d'une plus grande prise en compte des enjeux de la transition écologique dans les industries de *process*, **les associations de professionnels pourraient utiliser les outils collaboratifs** (forums de discussion, plateformes d'échanges de pratiques, *serious games*, etc.) pour sensibiliser les professionnels en activité et **les accompagner dans l'analyse de leurs pratiques et des modes de coopération avec les services QSE et de management environnemental et énergétique de l'entreprise lorsque l'activité le permet.**

RECOMMANDATION N°4	Mettre en place des actions de communication
	- **Pour augmenter le nombre de jeunes qualifiés entrant sur le marché du travail à des niveaux de qualification intermédiaires, mettre en place des actions de communications en direction des étudiants du DUT Mesures Physiques** afin de les informer sur les débouchés et les évolutions de carrière possibles avec une sortie du système scolaire aux niveaux II et III. - Impliquer la Commission pédagogique nationale des IUT Mesures Physiques pour penser ces actions de communication. - Sensibiliser les enseignants-chercheurs des IUT à l'importance des possibilités d'évolution en entreprise avec un niveau II ou III en vue de peser sur l'orientation des étudiants.

RECOMMANDATION N°5	Sensibiliser et former les techniciens de laboratoire et les préleveurs aux évolutions méthodologiques et technologiques de l'échantillonnage
	- **Faire évoluer les référentiels des diplômes de formation initiale** (BTS et licences professionnelles) en vue d'une meilleure prise en compte des évolutions méthodologiques et technologiques de l'échantillonnage. - **Proposer des modules de formation continue pour former les professionnels du laboratoire** aux enjeux du prélèvement et de l'échantillonnage.

6 Bibliographie

6.1 Documentation professionnelle

A+ Métrologie/ APAVE, Métrologie : solutions formations.
Collège Français de Métrologie et Contrôles, essais, mesures, Guide des prestataires, Conseils, Editeurs et Fabricants : Métrologie-Mesure.
Collège Français de Métrologie, *Passez de la mesure au sur-mesure*, plaquette de présentation.
Collège Français de Métrologie, *Programme*, 16 e Congrès International de Métrologie/ 16 e International Congress of Metrology, 7-8-9-10 octobre 2013, Paris.
Collège Français de Métrologie, 2013, *Actes résumés/ Abstract proceeedings*, 16 e Congrès International de Métrologie/ 16 e International Congress of Metrology, 7-8-9-10 octobre 2013, Paris.
Collège Français de Métrologie, 2013b, Livret de la journée technique : comment s'assurer de la qualification des techniciens de mesure, mardi 19 novembre, Paris.
Contrôles, essais, mesures, 2013, La revue des technologies et applications de contrôle pour les laboratoires de l'industrie, n° 44, septembre.
DREAM, *Vers la structuration d'une filière régionale de la métrologie environnementale* ; plaquette de présentation : http://www.poledream.org/wp-content/uploads/2014/11/La_metrologie_environnementale_Vers_la_structuration_d_une_filiere_regionale.pdf
GIMELEC, Guide d'usage de la mesure. Spécifier l'instrumentation adaptée au mesurage.
GIMELEC, 2013, L'efficacité énergétique, levier de la transition énergétique. Le Merit Order de la filière éco-industrie.
GIMELEC, 2013, *Dossier d'opportunité – Mise à jour du BTS CIRA*.
IMPLEX, Management de la mesure et de la qualité, présentation de l'entreprise.
Kim Caroline, 2014, « Des économies là on ne les attendait pas » *in Energie Plus*, n° 523, avril.
Laboratoire National de Métrologie et d'Essais, *De la mesure @ la métrologie,* Une formation e-learning gratuite à la métrologie.
Larquier Bernard, 2013, « L'intérêt de la qualification du personnel pour la performance des entreprises » *in Livret de la journée technique : comment s'assurer de la qualification des techniciens de mesure*, mardi 19 novembre, Paris.
Les cahiers de l'instrumentation (Le journal d'information pour l'enseignement de Chauvin Arnoux et Metrix), 2012, n°11, Novembre.
Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015, Brevet de Technicien Supérieur Contrôle Industriel et Régulation Automatique, Référentiels du diplôme.
Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie, 1998, *Arrêté portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire.*
Moragues Manuel, 2015, « L'énergie au service de la performance » in L'*Usine Nouvelle*, n° 3410, février.
Pou Jean-Michel et Authouart Frédéric, 2013, « La métrologie dans l'entreprise : je suis métrologue » in Contrôles, essais, mesures : La revue des technologies et applications de contrôle pour les laboratoires de l'industrie, n° 44, septembre.
Programme Pédagogique National du DUT Mesures Physiques, 2013.
Signoret Stéphane, 2014, « Savoir trouver la bonne mesure » in *Energie Plus,* n° 523, août.

6.2 Rapports techniques

Centre d'Analyse Stratégique, 2012, *Des technologies françaises au service du développement durable*, Rapport de la mission présidée par Jean Bergougnoux, La documentation française, Paris.

Commissariat Général au Développement Durable, 2010, Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte.
Commissariat Général au Développement Durable, 2013, Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte : enjeux et perspectives.
C.O.S.E.I., 2012, Feuille de route « Ambition Ecotech ».
École des Mines de Douai, 2010-2011, Rapport final d'étude sur l'offre et les besoins de formation en métrologie.
Michel Le Nir et Mickaël Spennato, 2012, Le DUT : un passeport pour la réussite, Assemblée des directeurs d'IUT et d'esprIUT, juin.

6.3 Littérature universitaire

Bouleau Gabrielle, 2008, **«** Les territoires de la métrologie environnementale : l'exemple de la qualité des rivières en France », colloque *Terrains communs, regards croisés*, EHESS, Paris.
Dietrich Anne, 2010, *Le management des compétences,* Vuibert : Paris.
Dupray Arnaud, Guitton Christophe, Monchâtre Sylvie, 2003, Réfléchir la compétence : approches sociologiques, juridiques économiques d'une pratique gestionnaire, Octares Editions : Paris.
Encyclopedia Universalis, 2002, « Mesure », tome 16, Encyclopedia Universalis (ed.) : Paris ; p. 891.
Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse, 1983, « Instrumentation », tome 8, Larousse : Paris ; p. 5619.
Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse, 1983, « Métrologie », tome 10, Larousse : Paris ; p. 6893.

6.4 Sites internet consultés

http://www.apee.fr/
http://www.actu-cv.com/
http://www.actu-environnement.com
http://www.ademe.fr/
http://www.emploineo.com/
http://www.erdf.fr/Linky
http://www.entreprises.gouv.fr/
http://www.evariste.org/100tc/1996/f027.html
http://www.indeed.fr/
http://www.lp2i-poitiers.fr/
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/
http://www.monster.fr
http://neuvoo.fr/fr
http://www.onisep.fr/
http://www.optioncarriere.com/
http://www.lyceepem.fr/
http://www.pole-emploi.fr
https://www.qapa.fr/
https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises

Annexes

Liste des entretiens et détails du travail de terrain

Date de l'entretien	Type d'organisation	Fonction de l'interviewé	Nombre d'entretiens
Mars 2017	Instrumentiste à la retraite	Instrumentiste puis formateur AFPA	1
Juin 2015	Entreprise prestataire en instrumentation – *Société CIRA*	Chef d'entreprise, *Daniel Ogna*	2
Octobre 2013	Entreprise d'essais et mesure	Responsable du service métrologie et technicien métrologue	1
Février 2014	Equipementier en instrumentation et mesure	Responsable groupe normalisation et ancien chargé du développement durable	1
Février 2014	Equipementier en instrumentation et mesure	Responsable Qualité et HSE	1
Février 2014	Equipementier en instrumentation et mesure	Directeur commercial et directeur qualité	1
Janvier 2014	Association de Laboratoires d'Analyse Environnementale	Directeur	1
Février 2014	Syndicat professionnel en prestation de service intellectuel	Délégué Général et Responsable de la formation	1
Février 2014	Syndicat professionnel en instrumentation	Délégués Généraux Adjoints	3
Octobre 2013	Syndicat professionnel de l'industrie	Délégué Général	1
Mars 2014	Syndicat Professionnel en instrumentation et mesure	Comité de Ressources Humaines	Assistance à réunion
Janvier 2014	Syndicat professionnel d'équipementiers	Délégué à la formation	2
Janvier 2016	Education Nationale	Inspecteur Général	1
Octobre 2013	Ecole Supérieure de Métrologie	Responsable développement durable et secrétaire général	1
2014	Université	Directeur adjoint et directeur d'une filière instrumentation	2
Février 2014	Organisme public de recherche et de formation en analyses de laboratoire	Chercheuse et technicien de laboratoire	1
Sept. 2013	Université	Chercheuse	1
Octobre 2013	Institut de Recherche et Formation pour un développement durable dans le domaine de l'énergie et de l'environnement	Chargé de mission	1
Octobre 2013	Agence Régionale de Santé	Ingénieur	1
Janvier 2014	Organisme de normalisation	Responsable développement	1
Janvier 2014	ADEME	Ingénieurs	2
Octobre 2013	DIRRECTE	Responsable service métrologie	1

Assistance au **16e Congrès International de Métrologie**, 7-10 octobre 2013, Paris – Organisé par le Collège Français de Métrologie.
Assistance au **salon ENOVA**, *Salon des technologies et des services en électronique, embarqué, IoT, mesures, électronique, vision et optique* - Parc des Expositions, Paris, 2013.
Participation à la **journée technique** : **« comment s'assurer de la qualification des techniciens de mesure ? »**, mardi 19 novembre, Paris.
Suivi et validation du **cours en e-learning** du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais, *De la mesure @ la métrologie,* formation gratuite à la métrologie.

Tableau des correspondances codes ROME/certifications des métiers de la mesure dans le RNCP

codes ROME / certifs	H1206	H1210	H1501	H1503	H1502	H1506	H1208	H1209	H2301	H2504	H2701	H2805	I1310
nb certifs repertoriées	1147	207	97	156	586	49	38	53	58	57	36	2	23
master	403	27	48	5	131	1	1	2	3	3	6	0	0
TitViGrM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
titre ingenieur	364	1	23	0	188	0	0	0	0	1	2	0	0
licence	31	37	4	25	9	3	4	16	1	1	1	0	0
licence pro	294	100	16	79	208	29	25	24	21	25	14	0	4
BTS	2	7	0	7	0	3	3	7	4	2	0	0	2
BTSA	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEUST	1	4	0	8	0	1	2	3	3	1	0	0	0
TITREVIS	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DUT	0	10	0	9	1	1	1	0	4	4	2	0	1
CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TP	0	2	0	3	0	3	1	1	2	5	1	0	3
bac pro	0	0	0	1	0	1	0	0	5	3	3	1	1
MC4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
BP	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
BEPA	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BEP	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
CAP	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
MC5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CQP	1	0	0	1	1	1	0	0	3	4	1	0	2
autre type de certif	50	15	6	15	48	3	1	0	9	7	5	0	5
total	1147	207	97	156	586	49	38	53	58	57	36	2	23
niveaux													
I		28	74	5	337	1	1	2	3	4	8	0	0
II		143	21	107	241	33	30	40	23	28	17	0	4
III		31	2	36	7	7	7	11	12	14	2	0	6
IV		4	0	6	0	5	0	0	13	7	8	1	6
V		1	0	1	0	2	0	0	4	0	0	1	5
sans niveau	1147	0	0	1	1	1	0	0	3	4	1	0	2

Tableaux du sous-secteur « Fabrication d'instrumentation scientifique et optique » à partir des Portraits Statistiques de Branches du Céreq (PSB)

Tableau n° 1

STRUCTURE PAR SOUS-SECTEURS	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Fabrication de composants électroniques	17,0	17,0	16,8	16,6	16,3	15,8
Fabrication de cartes électroniques assemblées	10,9	11,0	11,0	11,1	10,9	11,0
Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques	**4,3**	**4,1**	**3,9**	**4,0**	**3,9**	**3,9**
Fabrication d'équipements de communication	13,1	13,0	12,7	12,1	12,2	12,3
Fabrication de produits électroniques grand public	1,3	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9
Fabrication d'équipements d'aide à la navigation	14,5	14,5	14,3	14,7	14,7	14,7
Fabrication d'instrumentation scientifique et technique	**12,9**	**13,1**	**13,3**	**13,7**	**13,9**	**14,4**
Horlogerie	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0
Fabrication d'équipements d'irradiation médicale, d'équipements électro médicaux et électro thérapeutiques	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7
Fabrication de matériels optique et photographique	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3
Fabrication de supports magnétiques et optiques	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Réparation de matériels électroniques et optiques	3,3	3,3	3,6	3,7	3,7	3,7
Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels	9,7	9,7	10,1	10,3	10,5	10,6
Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels	8,3	8,5	8,5	8,3	8,2	7,7
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Tableau n° 2

STRUCTURE PAR SOUS-SECTEURS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Fabrication de composants électroniques	100	111,4	105,2	112,9	118,4	128,0	147,0	149,3	137,2	128,7	115,8	111,9	113,3	107,5	94,3	86,3	85,4
Fabrication de cartes électroniques assemblées	100	94,4	93,6	93,9	106,4	108,5	137,3	131,9	148,2	152,0	200,3	210,3	208,1	206,8	202,8	178,8	173,6
Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques	100	103,9	101,6	103,5	107,0	117,3	109,9	91,7	74,7	72,1	79,2	68,7	64,8	49,9	47,3	44,1	40,5
Fabrication d'équipements de communication	100	97,4	99,0	97,2	96,1	92,2	95,8	91,3	81,0	69,7	68,5	69,2	68,1	58,6	50,9	42,6	43,8
Fabrication de produits électroniques grand public	100	100,2	115,1	105,5	116,5	114,1	111,4	102,2	85,9	70,5	59,9	57,7	45,5	42,4	36,3	26,3	24,3
Fabrication d'équipements d'aide à la navigation	100	114,5	110,6	106,0	119,3	130,6	117,2	118,3	120,0	116,2	109,4	111,1	130,3	129,8	134,9	130,7	129,5
Fabrication d'instrumentation scientifique et technique	100	100,3	100,8	99,9	101,1	99,1	101,1	104,0	99,4	95,6	84,3	85,0	86,4	85,5	81,0	80,3	78,4
Horlogerie	100	96,9	85,4	81,6	77,4	70,9	68,7	65,3	59,7	52,4	50,6	53,4	48,7	47,5	46,9	39,7	38,4
Fabrication d'équipements d'irradiation médicale, d'équipements électro-médicaux et électro-thérapeutiques	100	101,1	93,1	100,1	98,1	98,8	112,4	114,2	186,8	162,3	169,6	179,5	176,7	170,0	171,3	178,8	177,9
Fabrication de matériels optique et photographique	100	90,4	96,4	95,0	87,4	75,5	76,1	80,1	72,8	71,5	70,9	65,7	64,5	76,7	66,5	68,2	66,9
Fabrication de supports magnétiques et optiques	100	121,9	110,4	89,5	91,5	83,3	81,6	83,9	80,1	69,1	38,4	39,3	32,4	17,2	14,6	11,6	4,8
Réparation de matériels électroniques et optiques	100	111,1	112,2	110,3	83,8	76,6	76,8	69,9	55,0	56,7	54,9	55,4	54,2	51,6	49,0	50,3	49,5
Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels	100	101,8	99,7	107,5	109,0	112,6	115,8	112,1	106,0	102,6	97,0	95,7	96,3	95,5	96,0	94,7	93,8
Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels	100	89,2	91,8	88,9	85,8	82,5	82,4	83,8	78,0	72,1	59,6	58,8	53,6	56,9	59,1	57,0	57,7

Tableau n° 3

STRUCTURE PAR SOUS-SECTEURS	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Fabrication de composants électroniques	100	98,6	97,5	95,7	92,3	87,6
Fabrication de cartes électroniques assemblées	100	98,8	99,3	99,5	95,7	94,8
Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques	100	93,0	90,0	90,4	85,6	83,7
Fabrication d'équipements de communication	100	98,2	96,0	90,5	89,3	88,4
Fabrication de produits électroniques grand public	100	90,0	82,1	66,7	66,7	62,2
Fabrication d'équipements d'aide à la navigation	100	98,5	98,1	100,0	97,6	95,8
Fabrication d'instrumentation scientifique et technique	100	99,9	102,1	104,0	103,3	104,9
Horlogerie	100	91,7	96,1	94,0	94,6	90,8
Fabrication d'équipements d'irradiation médicale, d'équipements électro-médicaux et électro-thérapeutiques	100	102,9	107,0	107,7	107,9	110,3
Fabrication de matériels optique et photographique	100	98,6	97,9	97,9	106,1	110,7
Fabrication de supports magnétiques et optiques	100	49,6	46,0	41,3	40,1	35,7
Réparation de matériels électroniques et optiques	100	99,2	108,3	110,2	108,8	105,9
Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels	100	98,6	103,0	104,2	103,6	102,8
Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels	100	101,1	101,3	98,8	94,8	87,4
ensemble "Produits informatiques électroniques et optiques"	**100**	**98,5**	**99,0**	**98,3**	**96,2**	**94,2**

Abonnez-vous à notre newsletter en cliquant ici

Retrouvez l'activité et les publications du Céreq

www.cereq.fr

et suivez-nous sur Twitter

@PRESSECEREQ

ISSN 2497-6873

